GRAĐEVINAR

4
ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA N. R. H.
GODINA IX TRAVANJ 1957



DROBILANA I SEPARACIJA ZA PROIZVODNJU BETONSKOG AGREGATA I BETONARA NA JEDNOM OD GRADILIŠTA HIDROELEKTRANE »GOJAK«, KOD OGULINA,

Radove izvodi: »HIDROELEKTRA«, Zagreb,

GRAĐEVNO PODUZEĆE ZA IZVEDBU NISKIH GRADNJA, SPECIJALIZIRANO ZA IZGRADNJU HIDROENERGETSKIH OBJEKATA I TUNELSKIH RADOVA.

»GRAĐEVINAR«

GOD. IX. BROJ 4

SADRŽAJ:

SARADNICI!

OLAKŠAJTE RAD REDAKCIONOM ODBORU I UREDNIKU!

Ako želite da Vaš članak bude što prije objavljen, držite se uputa:

DVA PRIMJERKA tipkana na stroju potpuno spremna za štampu neophodno su potrebna;
tipkanje PROREDOM sa slobodnim RUBOM 5 cm ŠIRINE s lijeve strane omogućuje unašanje potrebnih korektura na jasan i pregledan način;
CRTEŽI IZRAĐENI TUŠEM jedino mogu da se upotrebe za izradu klišeja; slova i brojke na crtežima moraju biti tako veliki, da nakon smanjenja na format lista (8 odn. 16,5 cm širine) budu najmanje 1 mm visoki;
fotografije kontrastne na sjajnom papiru daju dobre klišeje;
popis crteža i slika s rednom numeracijom olakšava orijentaciju, pa se izbjegava zametanje; sve slike priložiti odvojeno od teksta;
jasno i koncizno izražavanje u duhu jezika olakšava čitanje i povećava razumljivost, a štedi i na skupocijenom prostoru u listu.
Više slika, manje teksta — Vašem će se radu pokloniti više pažnje!

Čitaoci traže više članaka na manje stranica; zadovoljite čitaoce, oni će Vam biti zahvalni!
Svi se objavljeni radovi honoriraju po tarifi, slike se računaju kao tekst.
RUKOPISI SE NE VRAĆAJU, zadržite za sebe kopiju!

Časopis izdaje: Društvo građevinskih inženjera i tehničara NRH, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.
Glavni urednik: Ing. Ervin Nonveiller.
Tehnički urednik: Ing. Lida Zlatić.

Administracija: Zagreb, Berislavićeva 6 — Tel. 36-271 — Tek. račun kod Komunalne banke Zagreb 40-KB-4/Ž-1151

Tisak »TIPOGRAFIJA« grafičko-nakladni zavod, Zagreb

GRAĐEVINAR

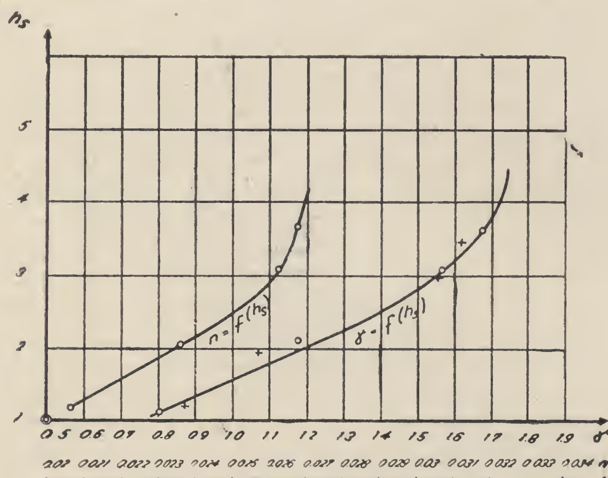
GOD. IX TRAVANJ 1957 BROJ 4

PRAKTIČNA I TEORETSKA ANALIZA HRAPAVOSTI U OTVORENIM KORITIMA

Dr. ing. **Elimir Svetličić**, Zagreb

Uvod

U novije vrijeme sve veću važnost dobiva teoretsko izučavanje hidraulike otvorenih tokova, pa su neki autori i dali odvojena djela za to područje hidraulike. Značajno je, da se ljestvice hrapavosti stijenki profila, koje postoje u hidrotehničkoj praksi, za sve dubine vode u koritu tretiraju jednako, iako se s formulama za određivanje koeficijanta brzine **C** po Bazinu, Kutteru, Kutter-Ganguilletu i Manningu kod otvorenih tokova, a pri raznim dubinama vode u koritu i iz podataka o izvršenim mjerenjima brzina, dobivaju razne vrijednosti koeficijenata hrapavosti. Proučavajući rezultate izvršenih mjerenja u koritu Save kod Zagreba uočio sam da i kod niskih vodostaja, kod kojih postoji slabo vučenje nanosa ili uopće ne postoji vučenje nanosa, dolazi do promjene koeficijenta hrapavosti, računatog po Bazinovoj odnosno Manningovoj formuli.

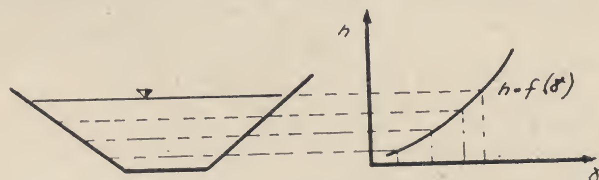


Sl. 1 — Dijagram koeficijenata γ i n za korito Save Zagreb—Podsused.
○ = γ na potezu Jankomir—Podsused
+ = γ na potezu Prečko—Jankomir

To me je potaklo, da taj problem posebno studiram. U toku studija usvojio sam konstataciju A. Frankovića: »Kod određivanja srednje brzine neke tekućine u otvorenu ili zatvorenu koritu primjenjuju se jednadžbe, koje ne obuhvaćaju sve faktore, koji utječu na njezino gibanje, te se i rezultati, koji se dobivaju s pomoću takvih jednadžbi toliko razlikuju, da je i iskusnijem stručnjaku teško ocijeniti, koji se rezultati više približuju stvarnosti.« [1], [2]:

Znamo, da se, na pr., za dimenzioniranje trapeznog profila u zemlji, kod računanja po Bazinovoj formuli $C = \frac{87}{1 + \gamma/\sqrt{R}}$ uzima koeficijent hrapavosti $\gamma = 1{,}3$.

Međutim, tako dimenzionirano korito daje srednju brzinu i protoku, kao funkciju uzete hrapavosti $\gamma = 1{,}3$, samo za stanovitu dubinu punjenja



Slika 2.

toga korita. Izračunavanja koeficijenta hrapavosti γ iz podataka mjerenih brzina pri raznim vodostajima u takvu koritu ne bi više dala koeficijent hrapavosti $\gamma = 1{,}3$, nego neke druge vrijednosti.

U analizi postavljene problematike razmatrat će se poznate formule Bazina, Kuttera, Kutter-Ganguilleta i Manninga za određivanje koeficijenta brzine **C** iz Chézy-jeve formule $v = C\sqrt{RI}$.

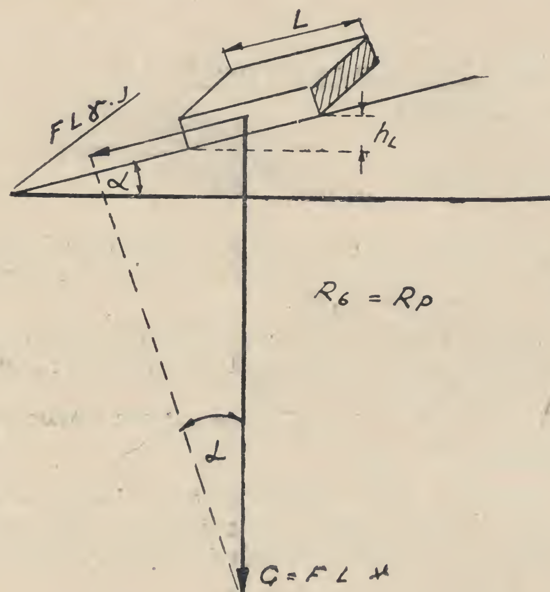
Pođemo li od dublje analize Chézy-jeve formule, t. j. da je rad sile teže jednak radu otpora P, koji on izvrši na jedinici dužine:

$$\gamma F \cdot L \cdot h_L = \underbrace{\psi \gamma \cdot \frac{v^2}{2g}}_{\tau} \cdot O \cdot L \cdot L$$

dobivamo: $v = \sqrt{\frac{2g}{\psi}} \cdot \sqrt{RI}$ ili $h_L = \psi \frac{L}{R} \frac{v^2}{2g}$.

Uzmemo li Darcy-Weisbachov obrazac za gubitak tlaka u cijevima $h_L = \lambda \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$, koji je dobiven iz Navierove jednadžbe $\left(v = \frac{\gamma \cdot d^2 I}{32\,\eta}\right)$ za srednju brzinu kod laminiranarnog strujanja u cijevnom vodu, proizlazi: $\lambda = \frac{64}{R_e}$.

Ako u Navierovoj jednadžbi, prema Boussinesqu, umjesto koeficijenta viskoznosti η stavimo koeficijent turbulencije ε dobivamo, da je kod turbulentnog strujanja $\lambda = f(R_e)$.



Slika 3.

Po Prandtlu: $\varepsilon = \rho \cdot l^2 \cdot \frac{d\,v}{d\,l}$.

Koeficijent turbulencije ε ovisi, dakle, o gustoći tekućine ρ, duljini mješanja l i gradijentu brzine $\frac{d\,v}{d\,l}$. Prema tome, koeficijent λ kod turbulentnog strujanja nije samo funkcija hrapavosti stijenki korita, već i Reynoldsova broja $R_e = \frac{v \cdot d}{\nu}$, pri čemu je $\nu = \frac{\varepsilon}{\rho}$.

Uporeäenjem jednadžbe za gubitak tlaka u otvorenu koritu i jednadžbe za gubitak tlaka u cijevi, dobivaju se ovi odnosi:

$$\psi \frac{L}{R} \frac{v^2}{2g} = \lambda \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}; \quad R = \frac{d}{4};$$

$$4\psi = \lambda \text{ odnosno } \psi = \frac{\lambda}{4}.$$

Prema tome imamo:

a) za cijevi $v = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \sqrt{RI} = C\sqrt{RI}$,

b) za otvorene tokove $v = \sqrt{\frac{2g}{\psi}} \cdot \sqrt{RI} = C\sqrt{RI}$.

Kako su koeficijenti λ i ψ, osim o hrapavosti, ovisni i o R_e, a i o mnogim drugim veličinama, koje utječu na promjenu srednje brzine u koritu prema stvarnoj srednjoj brzini [3], mora doći do razlike kod računanja srednje brzine primjenom jednadžbi Bazina, Kuttera, Kutter-Ganguilleta i Manninga, jer te jednadžbe osim koeficijenta hrapavosti, hidrauličkog radijusa i stanovitih konstanti ne sadrže nikakovih drugih elemenata, koji su s obzirom na dubinu punjenja korita varijabilni i bitno važni za računanje koeficijenta λ odnosno ψ.

Zbog toga, faktor $\sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$ ili $\sqrt{\frac{2g}{\psi}}$ dobiven izvodom Chézy-jeve jednadžbe ne može biti jednak koeficijentu C, koji se izračunava iz jednadžbe Bazina, Kuttera, Manninga i t. d. U iznesenoj konstataciji nalazi se glavni razlog promjeni koeficijenta hrapavosti s obzirom na promjenu dubine punjenja korita, a i tvrdnji mnogih hidrauličara, da se uzrok promjeni koeficijenta hrapavosti kod naravnih korita nalazi u utjecaju vučenog nanosa na promjenu tog koeficijenta. Utjecaj vučenog nanosa na promjenu koeficijenta hrapavosti dolazi do izražaja, ali samo u stanovitim okolnostima i stanovitoj mjeri, dok je taj karakteriziran pojavom sitno pješčanih dina.

Obrada i dokaz uvodne postavke

Kod računanja srednje brzine u naravnim vodotocima najosjetljivija točka nije toliko izbor formule, koja će se upotrebiti, koliko usvajanje vrijednosti hrapavosti, koju treba od slučaja do slučaja uvesti u izabrane formule. Kod vodotoka, bilo umjetnih bilo naravnih, tu nailazimo na veće teškoće nego kod cijevi, jer hrapavosti stijenki korita mogu biti vrlo različite i prema tome u ljestvici hrapavosti dobivamo granice, koje su međusobno vrlo razmaknute. Tu teškoću potencira još i okolnost, da problem kvantitativne definicije hrapavosti stijenki sa hidrauličkog gledišta nije još dovoljno riješen. U raznim djelima iz područja hidraulike i tehničkim priručnicima nailazimo na mnoge formule, koje su većinom izvedene za posve različite pretpostavke. S obzirom na tu okolnost teško je precizirati kriterij izbora među mnogobrojnim formulama, napose zato, što one ne uzimaju u obzir sve faktore, koji utječu na hidraulički proces tečenja. Korisno je istaknuti, da je Eytelwein bio prvi, koji je za koeficijent brzine C u Chézy-jevoj jednadžbi $v = C\sqrt{RI}$ našao vrijednost $C = 50{,}9$. No ta vrijednost nije odgovarala, pa su izvršeni mnogi pokusi, da se ta vrijednost popravi. Međutim, svi ti pokusi išli su samo za tim, da se za **C** nađe vrijednost, koja će ovisiti o hidrauličkom radijusu **R** ili o padu **I**. Chézy i hidrauličari neposredno iza njega držali su, da koeficijent **C** ima kostantnu vrijednost, jednaku za sva otvorena korita. Mnogo se spominje pod imenom Tadinijeve formule poseban oblik izraza $v = C\sqrt{RI}$ (gdje je $C = 1/\sqrt{b}$), koji je predložen u prošlom stoljeću sa $C = 50$ (odnosno u jednadžbi $C = 1/\sqrt{b}$ sa $b = 0{,}0004$). Interesantno je napomenuti, da se taj izraz može dovoljno točno upotrebiti u računima, koji se

odnose na vodene tokove malog pada, čija je dubina velika, a tečenje dovoljno pravilno. Ta konstatacija nije slučajna, već ju potkrepljuje u novije vrijeme stanovište V. Rinsuma i Wittmana, da se pri višim vodostajima nizinskih rijeka vrijednost koeficijenta **C** ustaljuje kao konstanta. Tako je V. Rinsum iskoristio mjerenja protoka i padova pri raznim vodostajima bavarskog dijela Dunava, i pri tome zaključio, da se pri raznim vodostajima dobivaju ove granične vrijednosti:

a) za rijeke sa nanosom kao gornja granica C = 46 — 48,

b) za manje rijeke sa zakorovljenim dnom ili sa travom kao donja granica C = 23.

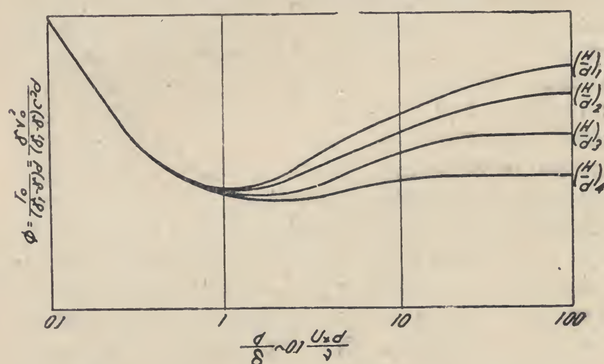
V. Rinsum je konstatirao, da se za Dunav ispod ušća Izare dobiva gornja granica pod a) sa C = = 46 već kod srednje dubine u koritu $t_s \cong 1{,}8$ m i da sa daljnjim povišenjem vodostaja ostaje konstantna. Tu svoju konstataciju V. Rinsum definira na osnovi izvršenih mjerenja, pa zaključno tvrdi, da se sa tom vrijednošću **C** može računati kod srednjih i visokih vodostaja bez obzira na hrapavost. Ta tvrdnja potpuno se poklapa sa dosadanjim opažanjima.

Za stvaranje odluke o hrapavosti riječnih korita, s obzirom na razna mišljenja hidrauličara, treba istaknuti, da većina hidrauličara nalazi isključivo opravdanje za promjenu koeficijenta hrapavosti, koja nastaje po dubini, u djelovanju vučenog nanosa na promjenu tog koeficijenta. Da se ta tvrdnja jače potkrijepi, stvarane su različite teorije o nanosima i njihovom utjecaju na stvaranje tog bezdimenzionalnog koeficijenta. Na žalost, moramo ustvrditi, da su davne konstatacije Chézy-ja i Tadini-ja u pogledu konstantnosti koeficijenta brzine **C** za otvorene tokove bliže realnosti tog koeficijenta nego li vrijednosti tog koeficijenta računatog prema raznim ljestvicama hrapavosti kasnijih hidrauličara, koji su svu pažnju usredotočili na djelovanje riječnog nanosa. Na oko se čini nelogičnim, da vučeni nanos, koji u većini napreduje u neprekidnim slojevima, ne bi mogao imati većeg utjecaja na promjenu koeficijenta hrapavosti u riječnom toku. Poznato je, da vučeni nanos napreduje ili u neprekidnim slojevima, ili u formi dina. Neki hidrauličari čak drže, da dine predstavljaju univerzalan način kretanja vučenog nanosa.

Zbog lakšeg shvaćanja citirat ću neka objašnjenja, koja o tom predmetu daje L. Levin [4]:

N a o s n o v u i z v r š e n i h e k s p e r i m e n a t a u h i d r a u l i č k o m l a b o r a t o r i j u u G r e n o b l u h i p o t e t i č k a t v r đ e n j a t r e b a d r ž a t i p o g r e š n i m. Studije s nanosom rijeke Izer u hidrolaboratoriju u Grenoblu pokazale su ovo:

Nanos rijeke Izer kao i najveći dio nanosa u rijekama ima znatan postotak sitnog zrna i sastoji se od cca 20% zrna s promjerom manjim od 1 mm. Promatranjem pojava u kanalu s protokom Q = = 0,4 m³/sec pri padu dna 0,00875 = 8,75‰ i nanosom iz rijeke Izer konstatirano je u početku tečenja, da je voda postala vrlo mutna, zbog zasićenosti najsitnijim česticama nanosa. U produženju ispitivanja voda je postajala sve bistrija, dok vučeni nanos na dnu nije postao sasvim krupan. Nakon jednog sata voda je na kraju kanala bila isto tako bistra kao i voda, koja je dolazila u kanal, i proticanje nanosa vršilo se u vidu vučenja po dnu. Promatranjem je dalje konstatirano: jedino sitni pijesak s promjerom zrna manjim od 1 do 1,5 mm bio je nošen u obliku dina. Visina dina iznosila je 5 do 10 mm. Masa nanosa, koja se sastojala od krupnijih zrna, bila je nepokretna i služila je kao podloga pokretnim dinama od sitnog pijeska. Istovremeno je zapažena i druga interesantna pojava: zrna sitnog promjera ulazila su polako, ali sigurno u sam nanos i ispunjavala sve njegove praznine. Takav je mehanizam kolmatacije korita prema opisu mnogih autora. U daljoj fazi ispitivanja je granulometrijska krivulja vučenog nanosa pokazivala sve krupniji sastav, pri čemu su dine postojale sve niže i postepeno se gubile. Poslije dva sata, granulometrijski sastav vučenog nanosa ni u čemu se nije razlikovao od sastava prvobitnog nanosa, a dine su posve nestale. Istovremeno je dno poprimilo izgled nanosa, koji postoji, kada se dno sastoji od krupnog materijala. Ako erozija traje i dalje, površinski krupni elementi bit će odneseni, a istovremeno s njima će se kretati i sitne frakcije. U toj fazi kretanje se ne obavlja u obliku dina, nego neprekidnim slojevima, jer je srednji promjer vučenog nanosa relativno velik i odnos d/δ može se povećati toliko, da se kretanje nanosa vrši u obliku sprudova ili čak u obliku posebnog kretanja pojedinih zrna.



Slika 4.
d — promjer zrna, δ — debljina laminarnog sloja na dnu.

Za male vrijednosti d/δ režim na dnu je laminaran. Između laminarnog i turbuletnog režima na dnu nalazi se prijelazni ili slaboturbulentni režim. Slika kretanja nanosa na dnu tijesno je povezana s hidrauličkim režimom otjecanja na dnu. U laminarnom režimu početak kretanja nanosa nastaje

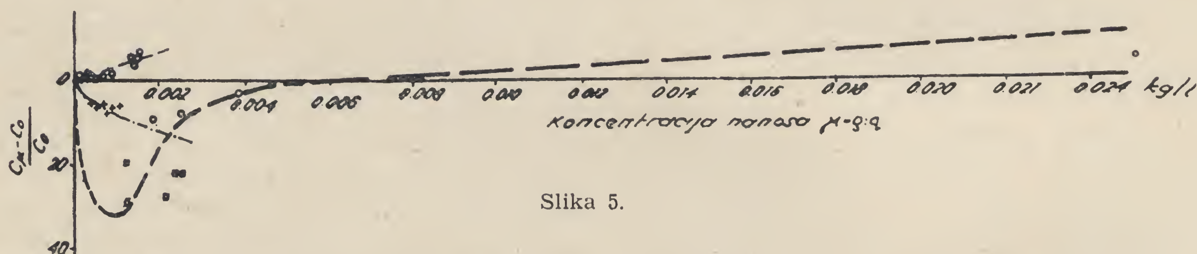
u obliku dina. Pri prijelaznom režimu postoje sprudovi, dok pri turbulentnom režimu na dnu dno ostaje poslije početka kretanja dosta ravnomjerno, a kretanje zrna nosi individualan karakter. Pri ispitivanju na velikom kanalu hidrolaboratorija u Grenoblu odnos d/δ imao je visoku vrijednost od oko 200.

Pitanjima kretanja vučenog nanosa može se ispravno prići uvođenjem utjecaja odnosa d/δ, koji obuhvaća osnovne elemente tečenja vode i kretanja nanosa na dnu. S obzirom na varijacije Chézy-jevog koeficijenta **C** u zavisnosti od protjecanja vučenog nanosa izvršeno je više eksperimenata na velikom kanalu u hidrolaboratoriju u Grenoblu, tijekom kojih je koncentracija vučenog nanosa $\mu = g/q$ varirala od 0 do 0,4 — 1,3 g/l; q = proticaj vode u l/sec, g = proticaj nanosa u g/sec.

Rezultati tih eksperimenata kao i rezultati eksperimenata na malom kanalu u Grenoblu i kanalu Gilberta obrađeni su i naneseni u dijagramu.

S obzirom na prednje konstatacije moglo bi se ustvrditi, da opadanje koeficijenta **C** zavisi u prvom redu od dina na dnu, a u manjoj mjeri i vjerojatno nikako od koncentracije nanosa. Dakle, za male vrijednosti d/δ koeficijent **C** opada zbog stvaranja jakih dina na dnu, što prouzrokuje znatnu hrapavost.

Do rezultata, koji su gore citirani s obzirom na eksperimente izvršene u hidrolaboratoriju, ukazuje i konstatacija, koju je Karoli iznio u svom referatu na III Međunarodnom kongresu hidraličara u Grenoblu 1949 god. Prilikom velikih voda na Dunavu 4. juna 1940 godine hrapavost korita Dunava bila je, naime, mnogo veća od pretpostavljene i koeficijent **C** je opao za cca 40%. S obzirom na iznesene okolnosti, na koje ukazuju rezultati gore citiranih eksperimenata u Grenoblu, L. Levin misli da je u konkretnom slučaju povećanje hrapavosti korita funkcija visine dina, jer znatan vučeni nanos prouzrokuje veoma slaba



Slika 5.

U funkciji od koncentracije vučenog nanosa μ nanesena je veličina: $\frac{C_\mu - C_0}{C_0}$. Koeficijent C_0 se odnosi na tečenje bez nanosa, a koeficijent C_μ na tečenje s koncentracijom nanosa.

Najveće vrijednosti **C** dobivene su na Gilbertovu kanalu, a najmanje na velikom kanalu hidrolaboratorije u Grenoblu. Iz dijagrama se može vidjeti, da za ispitivanje na velikom kanalu u Grenoblu **C** ima tendenciju malog povećanja u zavisnosti od d/δ. Odnos d/δ u tom slučaju ima veliku vrijednost oko 250, t. j. režim je na dnu izrazito turbulentan. Za Gilbertovo ispitivanje i ispitivanje na malom kanalu u Grenoblu koeficijent **C** za vrijednosti koncentracije μ manje od 2 do 4 g/l znatno se smanjuje. Odnos d/δ bio je za Gilbertovo ispitivanje 1,50—4,50, a za ispitivanje na malom kanalu 20. Pri tome je kod Gilbertovih ispitivanja režim na dnu bio izrazito laminaran, a za ispitivanje na malom kanalu slabo turbulentan. Kod velikih koncentracija nanosa od 20 do 30 g/l u Gilbertovim eksperimentima, a za slabe vrijednosti odnosa $d/\delta = 4,5$ (dakle u laminarnom režimu na dnu), u dijagramu se vidi povećanje koeficijenta **C**. Taj paradoksalni rezultat L. Levin objašnjava time, što je početak suspendovanja (odvajanja) nanosa bio prekoračen pa su dine posve iščezle. Možda je veći dio nanosa bio nošen u lebdećem stanju, zbog čega je došlo do povećanja specifične težine tekućine.

povećanja hrapavosti, ako on napreduje u neprekidnim slojevima, dok i mali vučeni nanos u formi velikih dina stvara veliku hrapavost. S obzirom na prije dani dijagram kao i na rezultat eksperimenata u Grenoblu teško je objasniti tendenciju povećanja koeficijenta **C** za veće vrijednosti d/δ, što bi na oko značilo, da povećanje koncentracije vučenog nanosa smanjuje hrapavost.

L. Levin misli, da to povećanje izaziva povećanje dubine prije nego li koncentracija nanosa. U konačnoj liniji L. Levin ipak tvrdi, da je prije treba koeficijent **C** smatrati nezavisnim od koncentracije nanosa μ za vrijednosti d/δ koje odgovaraju turbulentnom režimu na dnu, nego li ga povećati. Ta posljednja tvrdnja može se objasniti i dokazati samo konstatacijama A. Frankovića, o gubitku tlaka kod vrtložnog strujanja tekućine. Naime, kod određivanja srednje brzine neke tekućine primijenjuju se danas jednadžbe, koje ne obuhvaćaju sve faktore značajne za njeno gibanje. Stoga se i u konretnom slučaju, s obzirom na vučeni nanos, izuzevši slučaj stvaranja dina, drži, da je uzrok povećanju hrapavosti u naravnim koritima povećanje koncentracije nanosa, pa su za hidraulička računanja otvorenih naravnih tokova po postojećim formulama dane različite ljestvice hrapavosti. Tablice hrapavosti pojedinih autora ukazuju na vrijednosti koeficijenata hrapavosti kod jakog srednjeg i slabo vučenog nanosa u različitim gradacijama krupnoće zrna. Kako postojeće for-

mule za račun koeficijenta brzine **C** i u slučajevima, gdje nema pokretanja nanosa, daju različite vrijednosti koeficijenata hrapavosti računanjem iz mjerenih podataka, to se okolnost promjene koeficijenta hrapavosti i kod vodotoka s vučenim nanosom ima u prvom redu pripisati netočnosti računanja po tim formulama (Bazin, Kutter, Kutter-Ganguillet, Manning, Strickler). U biti postojeće formule za račun koeficijenta brzine ne obuhvaćaju sve one faktore, koji utječu na njeno strujanje. Naime, na strujanje tekućine ne utječe samo hrapavost stijenki, već i međusobno trenje čestica, gravitacija, te gustoća i temperatura tekućine, a u konačnoj liniji i trenje slobodne vodne površine o zrak. Kod pretpostavke, da tekućina počinje laminarno strujati u koritu do $Re_0 = \frac{v \cdot R}{\nu} = \frac{v \cdot d}{4\nu} = 580$ i da gubitak tlaka zbog međusobnog trenja čestica $\left(\frac{dy}{ds} = \frac{8\pi\eta v}{\gamma F}\right)$ tekućine kod vrtložnog strujanja raste u omjeru $\left(\frac{Re - Re_0}{Re_0}\right)^{1/2}$ A. Franković je postavio novu jednadžbu za određivanje gubitka tlaka kod vrtložnog strujanja tekućine uzevši u obzir i gubitak tlaka zbog trenja slobodne vodne površine o zrak [3]. Time ukupni gubitak tlaka iznosi:

$$dy = \frac{O v^2}{F K_1^2} ds + \frac{b v^2}{F K_z^2} ds + \frac{8\pi\eta v}{\gamma F}\left(\frac{Re - 2Re_0}{Re_0}\right)^{1/2} \cdot ds,$$

gdje su:

O — omočeni opseg,

b — širina slobodne površine tekućine,

K^2_1 — recipročna vrijednost koeficijenta hrapavosti stijenki korita,

K^2_z — recipročna vrijednost koeficijenta hrapavosti zraka,

η — koeficijent međusobnog trenja čestica.

Iz gornje jednadžbe izlazi:

$$\frac{dy}{ds} = I = \frac{O v^2}{F K_1^2}\left(1 + \frac{b K_1^2}{O K_z^2}\right) + \frac{8\eta\pi v}{\gamma F}\left(\frac{Re - Re_0}{Re_0}\right)^{1/2}$$

Prema tome:

$$(1) \qquad C_1^2 = \frac{K_1^2}{1 + bK_1^2/OK_z^2} \qquad K_1^2 = \frac{2g}{\rho}$$

Kako je $\frac{F}{O} = R$ i $\frac{g\eta}{\gamma} = \nu$.

ν je kinematski koeficijent viskoznosti.

Dobiva se:

$$I = \frac{v^2}{R C_1^2} + \frac{8\pi\nu v}{g F}\left(\frac{R_e - Re_0}{Re_0}\right)^{1/2}, \text{ odnosno, sa}$$

$$\nu = \frac{4 v R}{R_e},$$

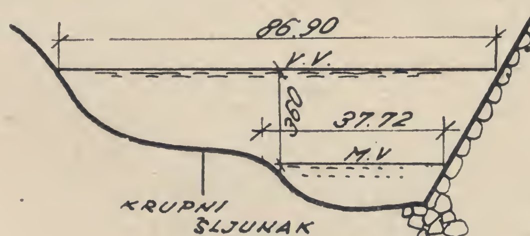
$$I = v^2\left[\frac{1}{R C_1^2} + \frac{0{,}4275}{O R_e}(R_e - 580)^{1/2}\right].$$

Daljnjim izvodom dobiva se:

$$(2) \qquad C_1^2 = \frac{C^2}{1 - \frac{0{,}4275 R C^2}{O R_e}(R_e - 580)^{1/2}};$$

$$(3) \qquad C = \frac{2g}{\psi} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{0{,}4275 C_1^2 R}{O R_e}(R_e - 580)}}$$

Tvrdnju, da su računanja po dosad poznatim formulama u mnogome doprinijela krivom gledanju na promjenu koeficijenta hrapavosti u funkciji koncentracije vučenog nanosa, dokazujem računanjem upliva vučenog nanosa na promjenu koeficijenta hrapavosti po citiranim formulama A. Frankovića, u kojima su uzeti u obzir mnogi faktori, koji utječu na strujanje tekućine. U tu svrhu upotrebit ću podatke mjerenja srednjih brzina, koja su izvršena na Rajni kod Mastrilsa.



Slika 6.

a) Kod male vode dobiveni su podaci:

$F = 32{,}84$ m², $O = 38{,}4$ m,
$v_s = 0{,}872$ m/sec, $R = 0{,}855$ m,
$b = 37{,}72$ m, $I = 0{,}872/^0{}_{00}$,
$t_s = 0{,}872$ m.

b) Kod velike vode dati su podaci:

$F = 268{,}1$ m², $O = 90$ m,
$v_s = 4{,}086$ m/sec, $R = 2{,}999$ m,
$b = 86{,}90$ m, $I = 5{,}0^0/_{00}$,
$t_s = 3{,}09$ m.

Za slučaj a) imamo računanjem po dosadanjim formulama:

$$(4) \quad \text{Strichler: } C_s = \frac{v}{R^{2/3} \cdot I^{1/2}} = 33{,}1$$

$$(5) \quad \text{Chézy: } C = \frac{v}{\sqrt{R I}} = 32{,}2$$

Prema Stricklerovoj tablici za koeficijent brzine C_s, izračunat po Manningovoj formuli, odgovarao bi dobiveni koeficicijent C_s za krupni šljunak promjera 50/100/150 mm. Računajući koeficijenat hrapavosti s dobivenim koeficijentom C iz Chézyjeve formule i s upotrebom formula Bazina, Kutter-Ganguilleta i Kuttera, dobili bismo:

$$(6) \quad \text{Bazin: } \gamma = \frac{87\sqrt{R}}{C} - \sqrt{R} = \mathbf{1{,}57},$$

(7) Kutter-Ganguillet:

$$C = 32{,}2 = \frac{32 + \frac{1}{n} + \frac{1{,}55}{0{,}856‰}}{1 + \left(23 + \frac{1{,}55}{0{,}856‰}\right) \cdot \frac{n}{\sqrt{0{,}855}}},$$

$$n = \mathbf{0{,}030}.$$

Kutter (mala formula):

(8) $$m = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{C} - \sqrt{R} = \mathbf{1{,}94}$$

U slučaju vodostaja velike vode b) računanjem po dosadašnjim formulama, imamo:

Strickler, obr. (4) $C_s = 27{,}68$

Chézy, obr. (5): $C = 33{,}4$

Prema Strichlerovoj tablici za koeficijent brzine $\mathbf{C_s}$, računanjem iz Manningove formule dobiveni koeficijent $\mathbf{C_s}$ odgovarao bi za kamenje u veličini glave, odnosno vrlo jak vučeni nanos. S koeficijentom C iz Chézyjeve formule imali bismo po:

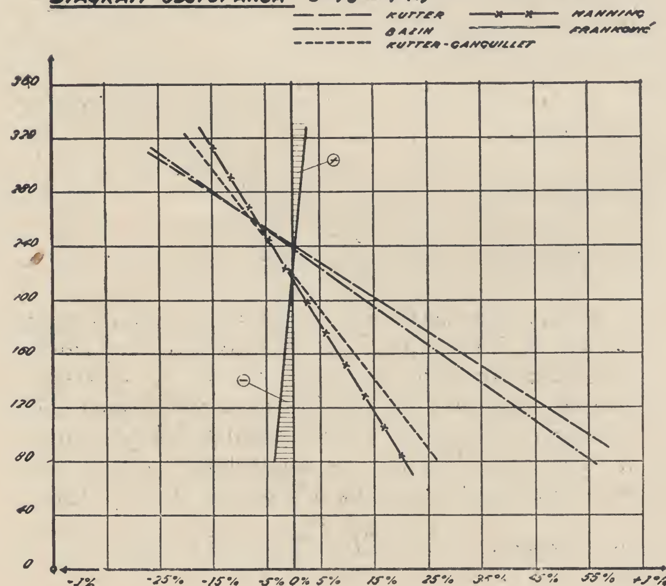
Bazinu, obr. (6): $\gamma = 2{,}78$

Kutter-Ganguilletu, obr. (7): $n = 0{,}037$

Kutteru (mala formula), obr. (8): $m = 3{,}46$.

Prema dobivenim rezultatima za koeficijente hrapavosti s obzirom na mali pad $I = 0{,}856‰$ kod male vode i veliki pad $I = 5‰$ kod velike vode, mogao bi se u svakom slučaju stvoriti sud, da je do promjene koeficijenta hrapavosti moralo doći zbog upliva vučenog nanosa u raznim fazama tečenja.

Izračunamo li koeficijent hrapavosti iz prije citiranih jednadžbi A. Frankovića, vidjet ćemo, da utjecaj vučenog nanosa u funkciji koeficijenta hrapavosti u konkretnom slučaju praktično ne postoji.



S podacima, koji su dobiveni mjerenjem u slučaju a), imamo:

$C = 32{,}2$ (Chézy) za temperaturu $T = 10^0$,

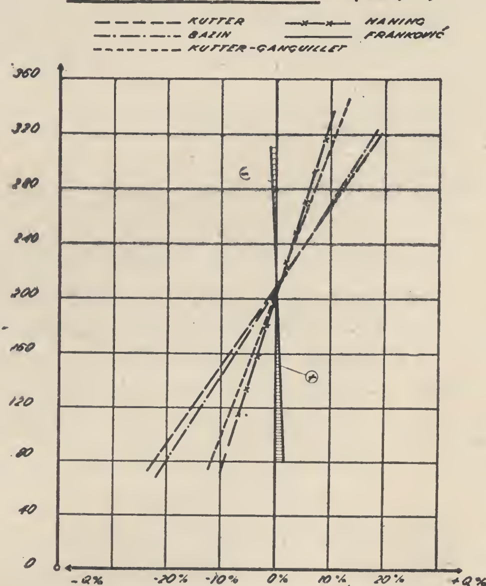
(9) $$R_e = \frac{v \cdot 4\,R}{\nu}, \quad \nu = \frac{1{,}309}{10^6}\ m^2\,sec^{-1},$$

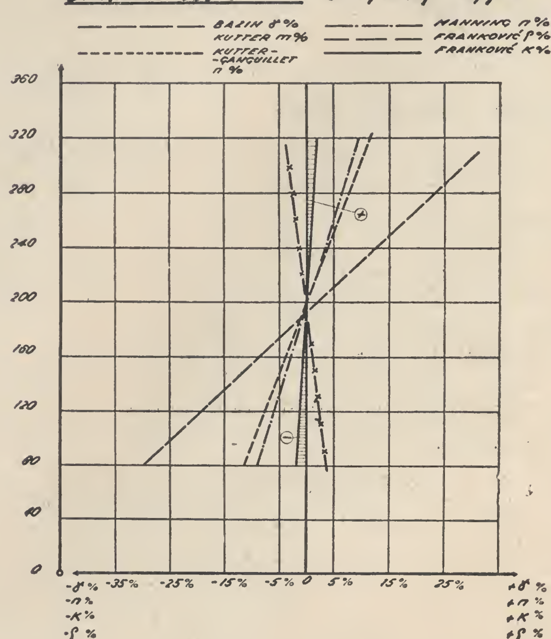
$$R_e = 2{,}272 \cdot 10^6$$

$$C_1^2 = 1053 \qquad \text{(obr. 2)},$$

$$K_z = 170\ m^{1/2}\,sek^{-1},$$

(10) $$K_1 = \sqrt{\frac{C_1^2}{1 - C_1^2\,\frac{b}{O\,K_z^2}}} = \sqrt{1093} = 33\ m^{1/2}\,sec^{-1}$$





Sl. 7 — Dijagrami odstupanja.

Kako K_1^2 predstavlja recipročnu vrijednost koeficijenta hrapavosti, to je, po drugom od obrazaca (1):

(11) $\rho = 0{,}0180165.$

S podacima, koji su dobiveni mjerenjem u slučaju b), imamo: $C = 33{,}4$,

$$R_e = 9{,}36 \cdot 10^6 \quad \text{(obr. 9)},$$
$$C_1^2 = 1127 \quad \text{(obr. 2)},$$
$$K_1 = 34{,}2\ m^{1/2}\,sec^{-1} \quad \text{(obr. 10)},$$
$$\rho = 0{,}0167744 \quad \text{(obr. 1)}.$$

Kako se pod koeficijentom hrapavosti razumijeva bezdimenzionalan broj, koji bi uz iste uslove hrapavosti morao biti nepromijenjen kod sviju dubina vode u koritu, to će se odrediti prosječni koeficijent hrapavosti za dobivene koeficijente po raznim formulama, kao i odstupanje dobivenih koeficijenata hrapavosti od prosječne vrijednosti.

Kako se vidi iz prednjih diagrama, najmanja odstupanja od prosječne vrijednosti pokazuje koeficijent K određen po jednadžbama A. Frankovića (1,78%), dok je odstupanje računanjem po Bazinovoj formuli najveće (27,81%). Iz gornjih razmatranja je evidentno, da veliko odstupanje po Bazinovoj formuli 27,81% nije nastalo zbog utjecaja vučenog nanosa, već zbog slabe osjetljivosti te formule na točnost računanja.

Računanjem pada I i protoke Q m³/sec s prosječnim vrijednostima koeficijenta po Bazinu, Kutter-Ganguilletu, Kutteru, Manningu dobivena su odstupanja od mjerenjem dobivene veličine pada I . . . 14—60%, a od mjerenjem dobivene veličine protoke Q . . . 8—21%.

Po jednadžbama A. Frankovića, računanjem sa prosječnim koeficijentom K, odstupanja od mjerenjem dobivenih veličina I i Q, iznose za I: 2—3%, a za Q: 1—1,5%.

Pored onog, što je izneseno za koeficijenat hrapavosti, (u danom primjeru) vidi se, da je i odstupanje koeficijenata **C** vrlo maleno s obzirom na prosječnu vrijednost C_s. Ono iznosi 1,83%.

Uzmemo li dobiveni prosječni koeficijent hrapavosti ρ odnosno K, koji je najbliži brojčanoj vrijednosti utjecaja hrapavosti, kao mjerodavni koeficijenat za hidraulički račun, imamo po obr. (1):

$$K_s = 33{,}6\ m^{1/2}\,sec^{-1}.$$

Tada je: za a) $C_1^2 = 1089$, $C_1 = 33$;

po obr. (2): $C = 32{,}80$;

za b) $C_1^2 = 1091$, $C_1 = 33$,

$C = 32{,}9.$

Kako je u konkretnom slučaju utjecaj Reynoldsova broja malen, a to je gotovo kod većine naravnih nizinskih vodotoka, tada i utjecaj hrapavosti na stvaranje koeficijenta brzine ima naročit značaj. Odatle i dolazi do male razlike između koeficijenata brzine **C** u slučaju a) i b), a ujedno i male razlike između koeficijenata **C**, dobivenih iz podataka mjerenja i prosječnog koeficijenta C_s, izračunatog s mjerodavnom hrapavošću ρ_s.

a) $C_a = 32{,}2,\ C_1 = 32{,}8\ \dfrac{C_a - C_1}{C_b} = \dfrac{32{,}2 - 32{,}8}{32{,}2} = 0{,}0186 = 1{,}9\%$;

b) $C_b = 33{,}4,\ C_2 = 32{,}9\ \dfrac{C_b - C_2}{C_b} = \dfrac{33{,}4 - 32{,}9}{33{,}4} = 0{,}015 = -1{,}5\%$.

Kod glatkih korita, gdje je utjecaj hrapavosti malen, dolazi Reynoldsov broj naročito do izražaja; za hrapava korita, kao što su naravni vodotoci, vrlo je značajan za stvaranje koeficijenta srednje brzine samo stepen hrapavosti dotičnog naravnog korita.

Prema tome, kod vrlo glatkih korita, gdje je ρ vrlo malen, dobiva se iz obr. (1):

$$\rho \to 0, \quad K_1 = \infty$$
$$C_1^2 = \infty$$

Dakle i $C_1 \to \infty$; odatle iz obr. (2)

$$C = \frac{1}{\sqrt{\dfrac{0{,}4275\ R}{O\ R_e}\sqrt{R_e} - 580}},$$

$$C = f(R_e).$$

U tom smislu mogu se teoretski objasniti i držati ispravnim i konstatacije o vrlo približnoj konstantnosti koeficijenta brzine C, do kojih je V. Rinsum došao računanjem iz podataka, dobivenih mjerenjem srednje brzine pri raznim vodostajima Dunava, ispod ušća Izare.

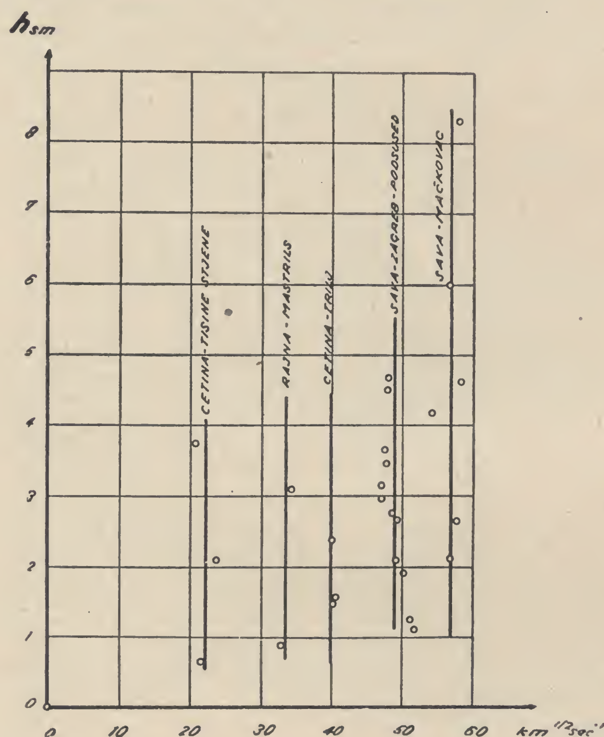
Što se tiče problema nanosa u naravnim koritima, gdje ne dolazi do izražaja stvaranje visokih sitno-pješčanih dina, možemo reći, da je koeficijent hrapavosti neovisan o koncentraciji vučenog nanosa. Ovisnost koeficijenta hrapavosti o nanosu u koritu dolazi tu do izražaja samo s obzirom na apsolutnu hrapavost površine, o koju se tare voda.

Kako je K_1^2 po obr. (1) recipročna vrijednost koeficijenta hrapavosti, to ćemo u daljem razmatranju hrapavosti naravnih korita, određivati vrijednosti koeficijenta hrapavosti sa $K = \sqrt{2\,g/\rho}$.

S obzirom na temeljne postavke, da hrapavost izražava gornji obrazac $K = \sqrt{\dfrac{2\,g}{\rho}}$, služit ćemo se za njegovo određivanje u raznim slučajevima hrapavosti naravnih vodotoka prije datim formulama A. Frankovića, t. j. uzimajući u obzir međusobno trenje čestica tekućine i upliv hrapavosti zraka, o koji se tare slobodna površina vode. Prema svemu što je dosada rečeno o hrapavosti u naravnim vodotocima, napose s obzirom na utjecaj vučenog nanosa i približnu konstantnost koeficijenta brzine C, a ukoliko ne dolazi do pojave dina, mogu se iz mjerenih podataka za srednju

brzinu i pad kod raznih hrapavosti odnosno raznih vrsta krupnoće nanosa stvarati konkretni zaključci za dimenzioniranje naravnih vodotoka. Prosječne vrijednosti koeficijenata **K**, koji će biti određivani kao mjerodavne hrapavosti računanjem iz podataka većeg broja mjerenja u stanovitim hidrometrijskim profilima naravnih vodotoka, dat će u općoj upotrebi kod računanja hidrauličkih elemenata na sličnim vodotocima, a s obzirom na karakterističnu krupnoću nanosa tih vodotoka, vrlo mala odstupanja od stvarnih hidrauličkih veličina, koje će se pojaviti u fazi tečenja.

Do istih rezultata, koji su dobiveni računanjem za Rajnu kod Mastrilsa, došao sam primjenom formula A. Frankovića i za Savu i druge naravne vodotoke u Hrvatskoj. Rezultati računanja hrapavosti prilažu se u vidu dijagrama.



Sl. 8 — Dijagram koeficijenta hrapavosti »K« u funkciji srednje dubine korita

Svi rezultati u dijagramima dobiveni su računanjem na podlozi izvršenih mjerenja protoka pri raznim dubinama i raznim padovima.

Zaključak

Iz navedenih teoretskih obrazloženja, praktičnih rezultata i eksperimentalnih podataka o utjecaju vučenog nanosa na promjenu koeficijenta C u pravim potezima vodotoka, možemo zaključiti, da se hrapavost praktički ne smije mijenjati po dubini punjenja korita, ako su kod računanja uzete u obzir sve utjecajne veličine.

Pravilno rješavanje problema tečenja u otvorenim koritima može se postići samo udjelom mnogih utjecajnih veličina na promjenu srednje brzine u koritu, kako je to uzeto u jednadžbama A. Frankovića. Stoga držim, da računanja po postojećim formulama Bazina, Kuttera, Kutter-Ganguilleta i Manninga predstavlja samo izvjesna aproksimiranja sa dosta znatnim odstupanjima od mjerenih podataka, što se vidi iz rezultata u obradi predmetne tematike.

Sitno pješčane dine mogu u većoj ili manjoj mjeri utjecati na promjenu koeficijenta C, dok se s obzirom na rezultate dobivene računanjem po jednadžbama A. Frankovića za naravna korita i rezultate Hidrauličkog laboratorija u Grenoblu moramo prikloniti konstataciji, da koncentracija vučenog nanosa nema gotovo nikakav uvjerljiv utjecaj na promjenu koeficijenta brzine C odnosno hrapavosti K, osim što se, kod određivanja Reynoldsova broja, mora uzeti u obzir razmjerno veća specifična težina tekućine.

Literatura:

[1] Dr. ing. A. Franković, 1952: Gubitak tlaka kod vrtložnog strujanja tekućine, Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb.

[2] Dr. ing. A. Franković, 1955: Jednoliko vrtložno strujanje tekućine, Građevinar br. 2, Zagreb.

[3] A. Franković, 1956: »Gubitak tlaka kod vrtložnog strujanja tekućine«, referat održan na Kongresu za primijenjenu mehaniku na Bledu 1956 godine. Građevinar br. 6, Zagreb.

[4] Ing. L. Levin, 1951: Eksperimentalna hidraulika, Beograd.

[5] Dr. ing. A. Rinsum, 1950: Der Abfluss in offenen natürlichen Wasserläufen, Wilhelm Enst und Sohn, Berlin.

[6] Dr. ing. O. Streck, 1950: Grund und Wasserbau II, Springer-Verlag, Berlin.

[7] Ing. E. Svetličić, 1955: Regulacija rijeke Save i uređenje obalnog pojasa uz rijeku Savu na potezu od Zagreba do Podsuseda. Hidroprojekt.

[8] L. I. Tison, 1953: Cours d'hidraulique, II partie, Gand.

NEKE INFORMACIJE O POSTDIPLOMSKOM STUDIJU ZA GRAĐEVINARE NA INOZEMNIM UNIVERZITETIMA

Ing. **Milivoj Petrik**, Zagreb

Provodeći u toku školske godine 1954./55. za Svjetsku zdravstvenu organizaciju anketu o odgoju sanitarnih inženjera u Evropi, skupio sam osobno na nekim evropskim univerzitetima, a pismenim putem od nekih drugih univerziteta u Evropi i od najvažnijih univerziteta u SAD, nešto podataka o postdiplomskom studiju inženjera. Iako je moj interes bio upravljen na formaciju sanitarnih inženjera, ipak su ti podaci interesantni za odgoj građevnih inženjera uopće, pa me je to sklonulo, da ih iznesem i pred posljednju konferenciju građevinskih fakulteta, koja je održana u Skoplju. Moj prikaz nema stoga apsolutno nikakve pretenzije potpunosti, već je nikao samo iz želje da se upotpuni diskusija o postdiplomskom studiju.

Opća je tendencija na evropskim kontinentalnim školama da studenta građevinarstva opremi tolikom količinom znanja, da može samostalno pristupiti svakom normalnom problemu građevinske tehnike. Kako opseg potrebnog znanja neprestano raste s razvojem tehnike, nastoji se preopterećenje studenata smanjiti tako, da se nastava daje u tri građevinarska smjera, pa se građevinarstvo dijeli obično u statički, hidrotehnički i prometni smjer.Dobri primjeri za to su univerzitet u Napulju i tehnički univerziteti u Milanu i Kopenhagenu. Na drugim školama se opet u najvišim semestrima predviđaju grupe predmeta opcije, koji, kad ih je student odabrao, postaju obligatni. Za to su dobri primjeri tehnički univerzitet u Delftu i naše tehničke škole u Zagrebu i Beogradu.

Suprotna je tendencija britanskih škola, da studentu daju što solidnije znanje iz osnovnih teoretskih disciplina, a ograničeno znanje iz t. zv. stručnih predmeta. Zato studij na tim školama često traje samo 3 godine. No u novije vrijeme se i u Velikoj Britaniji opaža nastojanje, da se proširi nastava iz stručnih predmeta, kao na pr. u Manchesteru, a to dovodi nužno do produžavanja studija. No pravo stručno znanje mora inženjer u Velikoj Britaniji steći u praksi, pa postaje građevinski inženjer istom kad poslije tri godine prakse položi ispit pred Društvom građevinskih inženjera (Institution of Civil Engineers), bez kojega se ne može učlaniti u Društvo, ili pred sličnim inženjerskim društvima (Institution of Municipal Engineers, Institution of Water Engineers, i t. d.)

Odgoj građevinskih inženjera u SAD je nekako između evropske kontinentalne i britanske prakse. Nastava je zato obično duža od britanske, a kraća od kontinentalne, i traje gotovo na svim dobrim školama četiri godine.

Ni u Velikoj Britaniji, ni u SAD ne smatra se potpunim građevinskim inženjerom student, koji je na univerzitetu primio diplomu građevinskog inženjera, obično stepen B. S. (Bachelor of Science). Zato je u tim zemljama veoma proširen postdiplomski studij od najmanje pune školske godine, koji u SAD završava u pravilu stepenom magistra (Master of Science ili Master of Engineering), a u Velikoj Britaniji certifikatom; za stepen magistra traži se u britanskim velikim univerzitetima obično 2 godine istraživačkog rada na univerzitetu.

U svim zemljama se može postići stepen doktora tehničkih nauka, no ne posvuda uz iste uvjete. Dok se kod nas traži samo teza, u SAD se obično traži najmanje puna godina istraživačkog rada na univerzitetu, nakon postignuća stepena magistra, a često najmanje dvije godine. Takav rad je jednim dijelom vezan uz obligatne kurseve.

Zbog vrlo čestog postdiplomskog studija u anglosaskim zemljama pružaju univerziteti tih zemalja mnogo više regularnih postdiplomskih tečajeva nego evropske kontinentalne škole. To vrijedi osobito za SAD.

Od velikih tehničkih škola u SAD omogućuje, na pr. M. I. T. (Massachusetts Institute of Technology) u Cambridgeu, Mass., građevinskim inženjerima, koji imaju bakalaureat, jednogodišnji postdiplomski redoviti studij, koji vodi do stepena magistra, u 22 područja građevinarstva; kalifornijski univerzitet (College u Berkeleyu) omogućuje to u 13 područja, Cornell univerzitet, Ithaca, N. Y., u 11 područja, College of Engineering sveučilišta u Ann Arbor, Michigan, u 8 područja, sveučilište New Yorka (New York University) na području statike, prometa i sanitarne tehnike, sveučilište Wisconsina u Madisonu na 6 područja građevinarstva, a brojne slične mogućnosti pružaju također i poznate tehničke škole univerziteta Harvard u Cambridgeu (Massachusetts), Johns Hopkins u Baltimoreu (Maryland), univerziteta Illinois u Urbani, univerziteta Minnesote u Minneapolisu, univerziteta Lafayette (Indiana), univerziteta Texasa u Austinu, Tulane univerziteta u New Orleansu (Louisiana), College of Engineering u Los Angelesu kalifornijskog univerziteta. Tu smo naveli samo najbolje i najveće univerzitete u SAD. Osim toga i škole narodnog zdravlja, koje su obično sastavni dio univerziteta, daju analogne tečajeve iz sanitarne tehnike za građevinare, kao na primjer na univerzitetu North Caroline u Chapell Hill, Columbia univerziteta u New Yorku, univerziteta u Pittsburghu (Pensilvania) i na većini naprijed spomenutih univerziteta.

Na svim američkim školama su neki predmeti postdiplomskih tečajeva obligatni. Uz njih može student po volji upisati kolateralne predmete, tako da ispuni propisan broj jedinica ili sedmičnih sati. Plan postdiplomskog studija nije dakle krut, već

pruža znatnu slobodu. To je velika odlika američke postdiplomske nastave i vrlo dobar regulativ razvoja.

Nastava je u tim tečajevima na visokoj naučnoj razini, a obuhvata predavanja, seminare, računske i laboratorijske vježbe, terenski rad i ekskurzije. Pomoćna sredstva nastave su osobito dobra i obilna, specijalno laboratoriji i biblioteke. Tečajevi nemaju nikad toliko studenata, da se nastavnici ne bi mogli baviti individualno sa svakim pojedinim studentom. Sve su to tečajevi za redovite slušače, t. zv. »full time« tečajevi.

U Velikoj Britaniji i na evropskom kontinentu postdiplomski studij takovoga karaktera dosta je rijedak. U Velikoj Britaniji se često zahtijeva daljnji istraživački rad na univerzitetu u svrhu postizavanja stepena magistra (Master of Science) ili doktorata, no takav rad nije vezan uz predavanja, a redoviti tečajevi u trajanju jedne školske godine dosta su česti u svrhu specijalizacije na nekom užem području građevinarstva. Tako, na pr., Imperial College of Science and Technology u Londonu koji spada u organizacionu shemu Londonskog univerziteta, ima takve tečajeve za područje statistike, tehnologije betona, hidroenergetike, vodnih građevina s hidraulikom, prometne tehnike, mehanike tla i sanitarne tehnike. Taj potonji se daje u kolaboraciji s London Institute of Hygiene and Tropical Medicine, koji je također dio Londonskog univerziteta. Svi ti tečajevi obasižu predavanja, laboratorijski rad i projektiranje. University College u Londonu, druga tehnička škola Londonskog univerziteta, ima takve tečajeve samo za kemiju i geodeziju, no ne za građevinarstvo, iako omogućuje obiman istraživački rad na području građevinarstva, za stepen magistra. Za drugi primjer iz Velike Britanije navesti ću King's College u Newcastle upon Tyne, koji je dio univerziteta u Durhamu. Taj College je tehnička škola, a pruža dva jednogodišnja postdiplomska kursa iz građevinarstva, od kojih je jedan na području više statike, a drugi na području sanitarne tehnike.

Na evropskom kontinentu su takvi kursevi prilično rijetki, iako ih imaju neki univerziteti. Kako sam se specijalno interesirao za postdiplomski studij sanitarne tehnike, navest ću takve tečajeve. Tako ima napuljski univerzitet redovit jednogodišnji tečaj sanitarne tehnike, prvotno organiziran za potrebe Cassa del Mezzogiorno, koja treba znatan broj inženjera te struke i zato financijski pomaže takve tečajeve. Tehnički univerzitet u Milanu ima redovite postdiplomske tečajeve od jedne školske godine za 11 područja tehnike, od kojih jedan za prometnu tehniku, jedan za armirani beton i jedan za metalne konstrukcije.

Od francuskih tehničkih škola napominjem dvije, koje omogućuju redovit postdiplomski studij za građevinare. Jedna je École Nationale du Génie Rural, koja specijalizira građevinare za seosko, t. j. agrikulturno građevinarstvo u dvogodišnjem redovitom tečaju. Tečaj ima tri odsjeka: opći, hidrološki i mehanički, a završuje se diplomom »građevinskog inženjera za seosko građevinarstvo«. Druga je Conservatoire National des Arts et Métiers, koji je tehnička škola univerzitetskog ranga, a ima institut sanitarne tehnike. Taj institut održava redovite dvogodišnje tečajeve iz sanitarne tehnike. Tečajevi međutim nisu »full-time«, t. j. nisu ograničeni na redovne slušače (»resident students«), nego su večernji, na tri dana u sedmici, za inženjere u praksi.

Univerzitet u Liègeu, u Belgiji, daje redovit postdiplomski tečaj za građevinare-konstruktore i za t. zv. »conducteurs«, koji imaju jednu godinu univerzitetskog studija manje nego građevinari (t. j. 4 godine umjesto 5). Kurs osposobljuje studente za rad u municipalnoj i kolonijalnoj tehnici, a završava sa diplomom »Ingénieur urbaniste«. Kurs obasiže predavanja, laboratorijske vježbe i projektiranje.

Napokon daje Škola narodnog zdravlja u Zagrebu, koja je dio Medicinskog fakulteta, jednogodišnji tečaj iz sanitarne tehnike za diplomirane građevinare, strojare, arhitekte i kemičare, koji dovodi do diplome »sanitarnog inženjera«. To je — kako se čini — zasad jedini potpuni postdiplomski tečaj univerzitetskog ranga u Jugoslaviji.

Osim redovitih jednogodišnjih postdiplomskih tečajeva ima na evropskom kontinentu još i drugih oblika postdiplomskog studija. Jedan nov oblik je nedavno uveo tehnički univerzitet u Kopenhagenu. Uz redovite akademske stupnjeve inženjera i doktora uveden je u toj školi i stepen licencijata, koji je nekako po sredini između stepena inženjera i doktora tehničkih nauka. Za taj se studij traži obrada teme, koju bira nadzorni profesor i koja se izrađuje pod njegovim nadzorom u toku od najviše dvije godine. Uz nju mora kandidat održati na toj školi još dva javna predavanja, jedno o temi, koju je sam odabrao, a drugo o temi, koju zadaje nadzorni profesor. U Finskoj je također nedavno uveden stepen licencijata, koji je viši od stupnja inženjera, a podjeljuje se na tehničkom univerzitetu nakon uspjelog ispita iz jednog sporednog i jednog glavnog predmeta, u kojem kandidat mora obaviti istraživački rad, prikladan za publikaciju, u trajanju od 1 do 2 godine. Rad nije vezan uz pohađanje predavanja, kao ni u Danskoj.

U Njemačkoj nema redovite postdiplomske nastave, ali se može naći neka specijalizacija postdiplomskim slobodnim studijem na univerzitetima, pod vodstvom profesora. Tako je na pr. na Technische Hochschule u Stuttgartu omogućen postdiplomski studij na području sanitarne tehnike pod nadzorom profesora municipalne tehnike.

Kratkotrajni kursevi od nekoliko dana za inženjere iz prakse nisu baš rijetka pojava. Njima je svrha da se praktičari upoznaju s napretkom teorije i prakse svojih područja. Kao primjer takvih kurseva, koji se često nazivaju kursevi za

osvježenje (»refresher courses«), navodim Tehnički univerzitet u Delftu, gdje se svake godine priređuju takvi kursevi iz područja opskrbe vodom. Predavanja se tih kurseva zatim izdaju u štampanom obliku kao izdanja škole. Slični jednogodišnji tečajevi su navedeni i na austrijskim univerzitetima, a i na E. T. H. u Zürichu. Na engleskim i nekim kontinentalnim univerzitetima se takvi kursevi organiziraju »extra muros« u zajednici s inženjerskim stručnim organizacijama.

Na poznatoj Eidgenossische Technische Hochschule (ETH) u Zürichu postoje samo dva redovita postdiplomska tečaja, i to za kemičare — živežne nadzornike i za učitelje sporta i atletike. Na toj se školi priprema i nov redovit postdiplomski tečaj za građevinare, i to za područje sanitarne tehnike. Isto takav tečaj se priprema i na Tehničkom univerzitetu u Istambulu, a vjerojatno je, da će se uvesti i u Delftu i Glasgowu.

Kako se vidi, postdiplomski redoviti tečajevi za građevinare su vrlo obična pojava u SAD, prilično obična u Velikoj Britaniji, a dosta rijetka na evropskom kontinentu. Ipak se uvode i na kontinentalnim školama, kako pokazuju realizirani primjeri Napulja, Milana, Pariza, Liègea, Züricha i Zagreba, i namjeravani tečajevi Istambula, Delfta i Glasgowa. Zacijelo ima širom Evrope i drugih tehničkih škola akademskog stepena, koji imaju takvih kurseva ili ih namjeravaju uvesti, ali mi takvi slučajevi nisu poznati.

Osim redovitih tečajeva čini se da su korisni oblici postdiplomskog studija istraživački rad na univerzitetima, kakav postoji u Velikoj Britaniji, Danskoj i Finskoj i kratkotrajni kursevi usavršavanja, kakve sam spomenuo, u Delftu, Zürichu i Austriji.

PRAKTIČNA METODA PRORAČUNAVANJA ČELIČNIH ŠTAPOVA IZLOŽENIH UZDUŽNOJ SILI I MOMENTU SAVIJANJA

Ing. **Riko Rosman**, Metalna, Maribor

1. Definicija obrađenog problema

Ispituju se aksijalno pritisnuti i ujedno lateralno opterećeni prävi čelični štapovi sistema proste grede i konsole sa po dužini štapa konstantnim poprečnim presjekom. Pretpostavlja se, da se ravnina izvijanja štapa poklapa s ravninom djelovanja lateralnog opterećenja, a aksijalno i lateralno opterećenje, da raste međusobno proporcionalno. Kod ekscentrično pritisnutih štapova vanjske momente na krajevima štapa tretiramo kao lateralno opterećenje.

2. Oznake

$\sigma_o = \frac{N}{F}$ .... normalni napon u poprečnim presjecima štapa od djelovanja uzdužne sile N,

$\sigma_s = \frac{M}{W}$ .... napon savijanja štapa od samo lateralnog opterećenja (bez uticaja uzdužne sile),

σ_e, $F\sigma_e$ .... Eulerov napon i Eulerova sila,

σ_{OR} .... osni normalni napon, kod kojeg rubni napon dostiže granicu razvlačenja,

σ_R .... granica razvlačenja,

σ_{Kr} .... prosječna vrijednost normalnog napona u poprečnom presjeku, kod kojeg nastupa bifurkacija ravnotežnog stanja štapa,

σ_{dop} .... dopušteni normalni napon,

λ .... vitkost štapa,

λ_R .... vitkost na granici elastičnog i plastičnog područja,

E, J, i .... modul elastičnosti, moment i polumjer inercije za izvijanje u ravnini djelovanja lateralnog opterećenja,

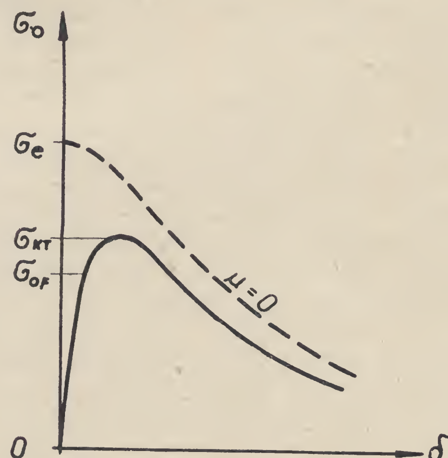
$\varphi = \frac{1}{\omega} = \frac{\sigma_{OR}}{\sigma_R}$ .... koeficijent smanjenja dopuštenog napona kod centričnog pritiska,

η .... koeficijent sigurnost,

δ .... ordinata elastične linije štapa.

3. Faze rada pritisnutog savijanog čeličnog štapa

Faze rada pritisnuto-savijenog štapa možemo najbolje slijediti razmatranjem njegovog σ_o—δ dijagrama.



σ_o—δ dijagram za čelični štap određene vitkosti, poprečnog presjeka, σ—ε dijagrama i lateralnog opterećenja te pripadni dijagram za centrično pritisnut štap ($\mu = 0$).

$0 < \sigma_0 < \sigma_{0R}$ ... rad štapa u elastičnom području;

$\sigma_0 = \sigma_{0R}$ ... na jače napregnutom rubu opasnog presjeka štapa, nakon što je dostigao granicu razvlačenja σ_R;

$\sigma_{0R} < \sigma_0 < \sigma_{Kr}$ ... kod povećanja σ_0 se opasni i njemu susjedni presjeci sve više plasticiraju. Deformacije sve brže rastu.

$\sigma_0 = \sigma_{Kr}$ ... u opasnom presjeku nastao je zglob plastičnosti; moment unutarnjih sila je kraj zadane vrijednosti σ_0 dostigao svoju maksimalnu vrijednost; do tog časa stabilna ravnoteža vanjskih i unutarnjih sila postaje indiferentna (bifurkacija ravnoteže);

$\sigma_0 < \sigma_{Kr}$ ... porastu deformacije odgovara pad napona; štap gubi nosivost.

4) Stvarno i proračunsko granično stanje štapa

Kao što se vidi iz prikazanog σ_0—δ dijagrama, moć nošenja odn. granično stanje je po moći nošenja pritisnutog savijanog štapa određena gubitkom stabilnosti u času kad normalni napon $\sigma_0 = \frac{N}{F}$ dostigne svoju kritičnu vrijednost σ_{Kr}. Taj kritični napon nalazi se, kako se također vidi iz gornjeg dijagrama, u intervalu $\sigma_{0R} < \sigma_{Kr} < \sigma_e$, dakle je manji od kritičnog napona za isti štap, kad bi taj bio samo centrično pritisnut, a veći je od vrijednosti $\sigma_0 = \frac{N}{F}$ u času, kad na jače napregnutom rubu opasnog presjeka napon dostiže granicu razvlačenja.

Kod praktičnog proračuna pritisnutih i savijanih štapova usvajamo za proračunsko granično stanje dostizanje granice razvlačenja na jače napregnutom rubu opasnog presjeka. Time smo dakle i za proračun pritisnutih i savijanih štapova usvojili opći kriterij proračunavanja elemenata čeličnih konstrukcija, a iz proračuna smo isključili razmatranje pojave gubitka stabilnosti i promatrani problem sveli na naponski problem. Stvarni sigurnosni interval bit će zbog toga nešto veći od njegove proračunske vrijednosti.

5. Zakoni i specifičnosti rada pritisnutih i savijanih štapova u elastičnom području

Kako je to pokazao Timošenko, vrijede pri proizvoljnom lateralnom opterećenju i proizvoljnim ležišnim uvjetima štapa jednadžbe

$$\delta = \beta \delta_0, \quad M = \psi M_0,$$

gdje su sa δ_0, M_0 označene vrijednosti progiba i momenta savijanja na mjestu x promatranoga štapa bez utjecaja uzdužne sile ($\sigma_0 = 0$), a β i ψ su transcendentne funkcije, koje zavise o položaju točke x, za koju se traži progib odn. moment, o veličini uzdužne sile (σ_0), ležišnim uvjetima štapa (λ) i vrsti lateralnog opterećenja (q). Izraze za te funkcije možemo naći u literaturi.

Promatranjem tih funkcija ustanovljena su ova njihova svojstva:

$$\sigma_0 = 0,\ \beta = \psi = 1,\ \text{dakle}\ \delta = \delta_0\ \text{i}\ M = M_0;$$

$$\sigma_0 \rightarrow \sigma_e,\ \lim \beta = \lim \psi = \infty,\ \text{dakle}\ \delta \rightarrow \infty\ \text{i}\ M \rightarrow \infty.$$

$0 < \sigma_0 < \sigma_e$, β i ψ su jednoznačne, neprekinuto i monotono rastuće funkcije argumenta σ_0.

U stvari, δ i M za $\sigma_0 = \sigma_e$ nisu beskonačno veliki. Takav je rezultat dobiven zbog toga, što je pri iznalaženju izraza za β i ψ primijenjena skraćena diferencijalna jednadžba pritisnutog i savinutog štapa, dakle jednadžba, u kojoj je izraz za zakrivljenost elastične linije zamijenjen izrazom δ''. Kako pokazuju točniji proračuni, poprimaju δ i M za $\sigma_0 = \sigma_e$ tako velike vrijednosti, da se to stanje ($\sigma_0 = \sigma_e$) ne može dopustiti u konstrukcijama.

6. Praktična metoda proračunavanja čeličnih štapova izloženih uzdužnoj sili i momentu savijanja zasniva se na aproksimiranju transcendentnih funkcija β i ψ prostim analitičkim izrazima.

Za prostu gredu s lateralnim opterećenjem, simetrično raspoređenim prema simetrali grede, Timošenko je postavio ovaj jednostavan izraz:

$$(1) \quad \beta = \frac{1}{1-\alpha}, \text{ sa } (2) \quad \alpha = \frac{N}{N_e}.$$

Moment savijanja u sredini raspona iznosi

$$\max M = \max M_0 + N \max \delta = \max M_0 \cdot$$

$$\cdot \left[1 + \nu \frac{Nl^2}{EJ} \beta \right] = \psi \cdot \max M_0, \text{ sa } \psi = 1 + \nu \frac{Nl^2}{EJ} \beta.$$

gdje je $\frac{\max \delta_0}{\max M_0} = \nu \frac{l^2}{EJ}$, a ν za svaku vrstu lateralnog opterećenja konstantan koeficijent prema tablici I, o čemu se lako možemo uvjeriti uvrštavanjem poznatih obrazaca iz Nauke o otpornosti materijala u formulu za ν.

Ako u dobiveni izraz za ψ uvrstimo približni obrazac (1), dobivamo prema Lejtes-u

$$(3) \quad \psi = 1 + \nu \frac{Nl^2}{EJ} \cdot \frac{1}{1-\alpha} = \frac{1 + \alpha(\pi^2 \nu - 1)}{1-\alpha} = \frac{1 + \mu\alpha}{1-\alpha}$$

gdje smo uveli oznaku (4) $\mu = \pi^2 \nu - 1$

Prema obrascu (4) su koeficijenti μ za ranije razmotrena lateralna opterećenja dani u tablici 1.

	ν	μ
	$1/12$	$-0{,}18$
	$5/48$	$+0{,}03$
	$1/8$	$+0{,}23$

Tablica 1.

Ako sa σ_r označimo napon zbog proračunskih opterećenja na jače napregnutom rubu opasnog presjeka štapa, možemo u točci 4 definirano proračunsko granično stanje izraziti jednadžbom

$$\eta\sigma_r = \sigma_F,$$

$$\eta\frac{N}{F} + \eta\frac{\max M}{W} = \eta\sigma_0 + \psi\eta\sigma_s =$$

$$= \eta\sigma_0 + \eta\sigma_s\frac{1 + \mu\lambda^2\sigma_0/\lambda_R{}^2\sigma_{dop}}{1 - \lambda^2\sigma_0/\lambda_R{}^2\sigma_{dop}}$$

Ako tu jednadžbu kratimo sa η, dobivamo konačni oblik jednadžbe za izračunavanje čeličnih štapova izloženih uzdužnoj sili i momentu savijanja.

$$\text{(I)}\quad \boxed{\sigma_0 + \psi\sigma_s < \sigma_{dop}} \quad \text{sa (II)} \quad \boxed{\psi = \frac{1 + \mu\dfrac{\lambda^2\sigma_0}{\lambda_R{}^2\sigma_{dop}}}{1 - \dfrac{\lambda^2\sigma_0}{\lambda_R{}^2\sigma_{dop}}}}$$

Jasno je, da se formule I i II mogu primijeniti samo ako je nazivnik izraza II pozitivan, t. j. ako je ispunjen uvjet

$$\frac{\lambda^2\sigma_0}{\lambda_R{}^2\sigma_{dop}} < 1.$$

Razmotrimo fizikalno značenje tog uvjeta

$$\text{(III)}\quad \frac{\sigma_R \cdot \sigma_0}{\sigma_e\,\sigma_{dop}} < 1;\ \sigma_0 < \frac{\sigma_e}{\sigma_R}\sigma_{dop};\ \boxed{\sigma_0 < \varphi\,\sigma_{dop}}$$

Obrazloženje rezultata. U štapovima realnih konstrukcija nikada se ne može ostvariti nastojanje, da bi uzdužna sila djelovala tačno duž linije težišta prävoga štapa, jer »centrični« priključci štapova nisu nikada potpuno centrični, a ni »prävi« štapovi nisu nikada potpuno prävi. Oba ta faktora možemo tretirati ujedno uvođenjem pojma slučajnog ekscentriciteta. Kako je pad moći nošenja centrično pritisnutih štapova zbog slučajnog ekscentriciteta — kao što pokazuju računi i eksperimenti — velik, ne može se ta nesigurnost u određivanju opterećenja pokriti sigurnosnim intervalom $\frac{\sigma_e}{\sigma_R}\sigma_{dop} - \sigma_e$, nego se uticaj slučajnog ekscentriciteta kod izračunavanja centrično pritisnutih štapova uvodi u račun specijalnim koefici-

TABLICA KOEFICIENATA ψ ZA St 37

$\lambda^2\sigma_0/1000$ [t/cm²]	[G] = 2,10	[G] = 2,40	[G] = 2,10	[G] = 2,40	[G] = 2,10	[G] = 2,40
0,5	1,042	1,037	1,050	1,036	1,033	1,029
1,0	1,089	1,077	1,106	1,091	1,071	1,060
1,5	1,139	1,119	1,166	1,142	1,111	1,095
2,0	1,194	1,165	1,232	1,197	1,154	1,131
2,5	1,254	1,215	1,304	1,257	1,202	1,171
3,0	1,321	1,270	1,384	1,322	1,250	1,214
3,5	1,395	1,329	1,472	1,393	1,315	1,262
4,0	1,478	1,394	1,571	1,471	1,381	1,314
4,5	1,572	1,466	1,682	1,556	1,454	1,371
5,0	1,676	1,545	1,824	1,626	1,538	1,434
5,5	1,796	1,633	1,950	1,756	1,633	1,504
6,0	1,934	1,731	2,115	1,873	1,743	1,582
6,5	2,094	1,842	2,306	2,005	1,871	1,670
7,0	2,283	1,968	2,532	2,155	2,021	1,770
7,5	2,509	2,111	2,802	2,327	2.202	1,884
8,0	2,784	2,277	3,130	2,525	2,420	2,017
8,5	3,125	2,471	3,538	2,757	2,630	2,168
9,0	3,661	2,701	4,058	3,031	3,039	2,353
9,5	4,136	2,976	4,745	3,360	3,497	2,573
10,0	4,931	3,314	5,695	3,763	4,130	2,842
10,5	6,101	3,737	7,092	4,268	5,062	3,178
11,0	7,994	4,283	9,352	4,921	6,566	3,614
11,5	11,577	5,014	13,630	5,793	9,424	4,195
12,0	20,939	6,043	24,812	7,022	16,873	5,015
12,5	108,391	7,600	129,243	8,881	86,495	6,254
13,0		10,229		12,033		8,356
13.5		15,647		18,490		12,661
14,0		32,983		39,196		26,462

TABLICA KOEFICIENATA ψ ZA St 52

$\lambda^2\sigma_0/1000$ [t/cm²]	[G] = 1,40	[G] = 1,60	[G] = 1,40	[G] = 1,60	[G] = 1,40	[G] = 1,60
0,5	1,042	1,036	1,050	1,043	1,033	1,029
1,0	1,087	1,076	1,104	1,090	1,070	1,060
1,5	1,138	1,118	1,163	1,141	1,109	1,093
2,0	1,191	1,163	1,228	1,195	1,152	1,130
2,5	1,250	1,213	1,300	1,254	1,199	1,169
3,0	1,316	1,267	1,377	1,318	1,251	1,212
3,5	1,388	1,325	1,464	1,387	1,309	1,258
4,0	1,469	1,389	1,560	1,464	1,373	1,323
4,5	1,559	1,459	1,668	1,548	1,445	1,365
5,0	1,661	1,536	1,790	1,641	1,526	1,427
5,5	1,778	1,622	1,929	1,743	1,619	1,495
6,0	1,911	1,718	2,088	1,858	1,725	1,572
6,5	2,066	1,826	2,273	1,987	1,869	1,658
7,0	2,247	1,948	2,489	2,132	1,993	1,755
7,5	2,463	2,088	2,747	2,299	2,165	1,866
8,0	2,724	2,248	3,059	2,491	2,372	1,993
8,5	3,045	2.435	3,442	2,714	2,627	2,142
9,0	3,452	2,655	3,928	2,976	2,952	2,317
9,5	3,983	2,919	4,561	3,291	3,374	2,524
10,0	4,705	3,239	5,425	3,674	3,950	2,783
10,5	5,743	3,638	6,665	4,150	4,776	3,100
11,0	7,364	4,146	8,599	4,758	6,066	3,505
11,5	10,253	4,821	12,045	5,563	8,366	4,042
12,0	16,844	5,753	19,934	6,676	13,613	4,786
12,5	46,980	7,132	46,689	8,323	37,623	5,882
13,0		9,368		10,993		7,661
13,5		13,641		16,096		11.064
14,0		25,031		29,704		20,136

jentom sigurnosti $\eta_{sp} = \frac{\sigma_e}{\sigma_{OR}}$. Na taj se način dopušteni napon smanjuje od $\frac{\sigma_e}{\sigma_R}\sigma_{dop}$ na $\frac{\sigma_{OR}}{\sigma_R}\sigma_{dop} = \varphi\sigma_{dop}$, a proračunski sigurnosni interval povećava se od $\frac{\sigma_R}{\sigma_e}\sigma_{dop} + \sigma_e$ na $\varphi\sigma_{dop} - \sigma_e$.

Kako se kod proračuna pritisnutih i savijanih štapova može u slučaju malih ekscentriciteta dogoditi, da napon savijanja σ_s bude manji od napona savijanja zbog slučajnog ekscentriciteta, usvojenog pri proračunu centrično pritisnutih štapova, postaje jasno, da u tom slučaju naponsko stanje planski pritisnutog i savijanog štapa treba da zadovoljava nejednadžbu III za centrično pritisnute štapove. Time je obrazloženo ograničenje područja primjene formula I i II uvjetom III.

Postupak izračunavanja. Kod rješavanja konkretnih zadataka poznate su vrijednosti λ, μ, λ_R, σ_O, σ_{dop}.

Najprije izračunamo vrijednost izraza $\frac{\lambda^2\sigma_O}{\lambda_R^2\sigma_{dop}}$

Ako je taj izraz < 1, izračunamo po (II) koeficijent ψ i formulom (I) dokažemo maksimalni napon.

Ako je taj izraz > 1, treba promatrani štap proračunati po formuli (III). Za praktičnu upotrebu pisac je izračunao tabelu ψ vrijednosti za St 37 i St 52 i pripadne dopuštene napone.

Primjedba. Formule (I) i (II) mogu se primijeniti i u slučaju vlačne uzdužne sile. Treba samo vrijednost σ_O uvrstiti s negativnim predznakom.

Literatura:

Lejtes: Ustojčivost sžastih staljnih steržnej, Moskva 1954.

Timoshenko: Theory of elastic stability, New York 1936.

Van den Broek: Theory of limit design, New York 1952.

OSVRT NA DJELATNOST RAŠLJAŠA U NOVIJE VRIJEME

Ing. **Roman Sarnavka**, Zagreb

U posljednje vrijeme sve češće se pri istraživanju podzemnih voda susrećemo s pojačanom djelatnosti rašljaša.

Djelatnost ljudi, koji vrbovim rašljama otkrivaju podzemnu vodu, predmet je diskusije među zainteresiranim stručnjacima i ona izaziva razumljivi interes kod mnogobrojnih faktora privatnog i državnog sektora pri općenito teškom problemu opskrbe vodom.

Danas nije neobično u praksi čuti i ovakve zaključke: »Pa da ipak pokušamo dovesti onoga s rašljama«. Gdje su priznate znanstvene metode zatajile, ljudi su po svojoj prirodi skloni da se posluže magijom.

Zbog takvog stanja mnogi upućeni i neupućeni s pravom se pitaju, da li je pojačana djelatnost rašljaša i korespondentna zainteresiranost za njihov rad opravdana kod današnjeg stanja tehničkih znanosti i da li se kraj moderne geologije, geofizike i hidrologije može eliminirati djelatnost rašljaša odnosno, da li se ta djelatnost može u neku ruku početi ozbiljno znanstveno tretirati.

Na tom polju nismo međutim osamljeni. Svjetska stručna literatura i dalje se bogati raspravama o djelatnosti rašljaša, redaju se članci s primjerima pro i kontra, osobito u Njemačkoj, a u novije vrijeme i u Americi.

Za razumijevanje toga stanja možda će pomoći kratak osvrt na zasjedanje stručnjaka za podzemnu vodu i mineralne izvore u Njemačkoj 1933 god., na kome je posljednji puta, koliko je meni poznato, tom problemu posvećena puna pažnja. Iz referata i diskusije mogao se definirati ovakav zajednički stav:

»Mnogobrojni primjeri pokazuju, kolike štete nanosi zajednici i privatnicima djelatnost rašljaša, koja se završava bez željenog uspjeha.

Principijelno se ne mogu osporiti tvrdnje, da su rijetki pojedinci vrlo osjetljivi na promjene zračnog električnog polja i da na njega reagiraju. Međutim, na taj se način ne mogu dobiti točni podaci, jer su rašljaši ovisni o mnogim faktorima, koji utječu na tu osjetljivost: o vremenu, o raspoloženju, o terenu i t. d.

Ovo je danas manje više poznato i samim rašljašima, pa tako jedan od najslavnijih rašljaša, Kurt Oswald, kaže, da kod rašalja zadnju riječ ipak ima geolog odnosno hidrolog. S time se slažemo i mi, pa tvrdimo, da su rašlje suvišne, ako geolog i hidrolog moraju reći, da li one reagiraju na vodu ili ne.«

Na kongresu su obuhvaćeni praktički rezultati pojedinih komisija u Njemačkoj i Švedskoj, koje su na terenu ispitivale rezultate rašljaša u pronalaženju podzemnih voda. Zanimljivo je, da su svi izvještaji posve negativni, pa otuda vjerojatno i gornji sud.

Ipak je Njemačko geološko društvo na temelju referata Reicha, Eberta i Michelsa, koji su obradili tu problematiku, donijelo zaključak, koji se odnosi na javnu primjenu korištenja rašalja pri istraživanju vode:

»Držimo potrebnim, da se saveznim propisima odredi:

1. Sve državne i komunalne vlasti, koje kopaju ili buše bunare na temelju lokacije rašljaša, treba da prije početka radova zatraže pismene podatke i upute za taj rad.

2. Nakon završetka radova investitor je dužan izraditi referat, koji će sadržavati podatke iz točke 1, izvještaj o rezultatu radova i troškove radova.

3. Ovi izvještaji se moraju jedamput godišnje slati na određeno centralno mjesto (predloženo je Savezno ministarstvo unutrašnjih poslova, u čiju je nadležnost takva djelatnost spadala u Njemačkoj u ono vrijeme).«

Kao što se vidi, tim zaključcima nije zapravo riješeno ništa, nego je problem ostao otvoren za daljnje polemike. Stoga držao sam da bi bilo zanimljivo osvijetliti djelatnost rašljaša primjerom iz novije prakse u SAD, državi New York.

Prije nego što iznesem taj slučaj iz djelatnosti rašljaša, interesantno je ustanoviti, da su i s ove i

s one strane Atlantskog oceana metode u radu, kojima se služe rašljaši, istovjetne. Rekao bih, da se oni, u neku ruku, služe usmenom školom, tradicijom, koja ima razrađenu terminologiju i metode djelovanja. Jezik izražavanja je isti: uvijek se govori o vodenim žilama u podzemlju, o ogromnim podzemnim rijekama, čiji je kapacitet tako velik, da se ne može izmjeriti; uvijek su metode djelovanja podjednake: redovito se negiraju mišljenja stručnjaka geologa i hidrologa, odabiru se lokacije upravo suprotne od onih, koje su odredili stručnjaci; uvijek se upotrebljava isti tehnički postupak: točno se određuje dubina vode, kapacitet, način kaptaže i t. d., i t. d.

A sada pređimo na sam slučaj.

U odnosu na naše evropsko shvaćanje, u ovom je slučaju zanimljivo i to, da se znamenit pisac historijskih romana stavlja u službu rašljaša i pisanjem knjiga pobuđuje interes javnosti, da stupa u poslovni savez s jednim od najpoznatijih današnjih američkih rašljaša, Henry-jem Gross-om, kojega protežira u svojim djelima.

S druge strane, što također nije u skladu s našim shvaćanjima, jedan novinar lokalnog lista u državi New York, inače piščev prijatelj i prijatelj istine, tumači knjige i analizira uspjeh odnosno neuspjeh velikog rašljaša H. Grossa. Preko novina izazvan je interes javnosti za eksperimenat, o kojem je riječ.

Zanimljivo je, da su pisac historijskih romana i njegov kompanjon Gross pismeno pristali na sudjelovanje u eksperimentu zbog toga, što će on biti održan »pred nosom državnog geologa«, koji je nedavno javno izjavio, da je rašljarenje prevara.

Eksperiment se sastojao od dva djela: prvi dio, nazvan projekt A, sa zadatkom, da rašljar locira jedan bunar na privatnom zemljištu, čiji vlasnici nisu tražili uslugu rašljaša, niti su bili u mogućnosti da za nju plate; drugi dio, projekt B, kao nastavak eksperimenta, sa zadatkom, da se za grad u blizini projekta A pronađe količina vode za opskrbu grada, za koji je postojao projekt opskrbe akumulacijom. U slučaju uspjeha rašljama uštedila bi gradska uprava više miliona dolara.

Privatni posjed iz projekta A leži na debelim naslagama plave glacijalne i jezerske gline, koja je generacijama mučila žedne stanovnike u dolini. Problem opskrbe vodom činio se veoma teškim. Geolozi su višekratno izvijestili, da su glinene naslage debele oko 65 m do temeljne stijene, te bi se jedino u rijetkim slučajevima, kada bi u glini naišli na leću vodonosnog šljunka ili pijeska, moglo bušenjem očekivati više od nekoliko kapljica vode. Snabdijevanje vodom u tom kraju vršilo se kopanim bunarima, u kojima se akumulira mala količina procjedne vode iz gline.

Kada je taj problem bio postavljen pred rašljara Grossa i njegovog kompanjona, pismeno su odgovorili, da ih problem vrlo zanima zbog insistiranja geologa, da se na tom mjestu ne može naći voda. I oni odgovaraju: mi znamo drukčije.

Pokus je za evropske prilike opet počeo neobičnim načinom: nije mi, naime, poznato, da se u Evropi rašljaši služe metodom lociranja vode na veliku udaljenost po geografskoj karti.

Prije izlaska na teren poslana je geografska karta sa skicom zemljišta, u kojoj su bile označene nadmorske visine, smjerovi svijeta i smještaj građevina. Karta se vratila sa dvije crveno označene divergentne žile preko ispitivanog zemljišta. Na jednoj, koja je prolazila blizu stražnjeg dijela kuće, bio je označen kapaciteta oko 15 l/min, a dubina do vode oko 15 m; druga vena imala je označen kapacitet oko 9 l/min. Uz kartu je pismom preporučeno, da jedan lokalni rašljaš prošeta uzduž stražnje strane kuće, pa mu neće biti teško pogoditi venu, kako je označeno na karti.

S ovim je započet projekt A. Pronađen je rašljaš, koji nije bio upoznat s Grossovom lokacijom, ali je upravljen iza stražnjeg dijela kuće po Grossovim preporukama. Nakon kraćeg vremena je izjavio, da na tome mjestu nema ništa što bi bilo slično vodenoj žili. Međutim, u dvorištu prednje strane kuće, njegove su rašlje naglo proradile i on je insistirao na jednom mjestu.

Nakon ovoga došao je na teren Henry Gross. Na licu mjesta odrezao je svježu vrbu i zaboravljajući posve lokaciju preko karte i hodajući područjem iza stražnjeg dijela kuće uputio se oko 400 m daleko, duboko u dolinu, zabio rašlje u zemlju i kazao, da se na tom mjestu nalazi oko 30 l/min vode na dubini od nešto više od 2 m, koju treba kaptirati kopanim bunarom, ozidanim kamenom.

Ručnom bušilicom odmah je iskopana rupa da te dubine u ljepljivoj plavoj glini. Mutna voda popela se u bušotini nešto ispod razine tla. Geolog, pozvan od strane novinara, da sudjeluje u eksperimentu, kazao je, da bi i on na bilo čiji upit pokazao na ovo mjesto u dnu doline, kao najvjerovatnije za dreniranje stanovitih količina podzemne vode iz gline.

Za Grossa je taj slučaj bio završen; međutim, to nije odgovaralo zahtjevima eksperimenta, pa je Gross na navaljivanje dao drugu povoljnu lokaciju bliže kući. U stražnjem dvorištu petom je označio lokaciju sa oko 13 l/min vode na dubini od 13 m, opet ne obazirući se na raniju lokaciju po karti.

Treba primijetiti, da je kao kaptažu opet predložio kopani bunar, kojim će se doći do vene.

Razvoj eksperimenta na projektu A tekao je dalje ovako:

— Prva Grossova lokacija u dnu doline produbljena je do cca 3,5 m bušenjem i ispitan je njezin kapacitet. Voda je odmah iscrpljena, a punjenje u bušotini teklo je sporo. Dakle, nikakvih indikacija za stvarno snabdijevanje vodom ili barem nešto slično vodenoj žili.

— U stražnjem dvorištu, na drugoj Grossovoj lokaciji, izbušen je bunar do dubine, kako ju je odredio Gross. Bez vode. S obzirom na to, da je Gross točno odredio dubinu i kapacitet držalo se, da ne postoji obaveza da se dublje buši.

— Lokalni rašljaš, odbivši da predskaže dubinu i kapacitet, insistirao je na svojoj lokaciji. Premještena je bušilica i započeta je treća rupa u eksperimentu projekta A. Na dubini od cca 16 m naišlo se na mlaz vode, koji bi mogao biti sličan žili; međutim, radilo se o maloj količini vode, koja je nestala u plavoj glini.

Na daljnje insistiranje lokalnog rašljaša bušenje je nastavljeno. Na dubini od 37 m bušotina je zašla u 1,5 m debeli sloj vodonosnog pijeska i kašikovanjem je ustanovljen kapacitet od preko 90 l/min bez pada nivoa u bušotini. Kod privođenja ove bušotine eksploataciji došlo je do urušavanja filtera i bušotina se morala napustiti. Ovog puta ne greškom rašljaša.

Ti rezultati projekta A dezavuirali su Grossa, ali ne i rašlje, jer je pronađena voda na temelju lokacije lokalnog rašljaša. Rasvjetljenju situacije pomogao je slučaj.

U neposrednoj blizini je skup stručnjaka iz Državnog laboratorija za geomehaniku izvodio seizmičke studije o podlozi za trasu puta. Njihov je interes bio naročito uperen na očitanja za predglacijalna korita rijeka Mohok i Hadzon, za koje se vjerovalo, da negdje poniru u ovoj okolici. Zamoljeno je, da seizmičkim putem ispitaju teren zemljišta projekta A. Dijagrami su pokazali čvrstu podlogu na dubini od oko 35 m.

Na temelju ranijih podataka držalo se, da je uspjeh bunara br. 3 pogodak u pješčanu leću u 70 m debelim slojevima gline. Međutim, nakon seizmičkih pokusa moglo se držati, da se ovdje radi o sloju vodo-

nosnog pijeska, koji leži na tvrdoj podlozi, u kom se slučaju na toj dubini nalazi kontinuirani horizont podzemne vode na čitavom okolnom zemljištu.

Jedan lokalni bušač prijavio se, da izbuši dobrovoljno bunar br. 4, bunar protiv rašalja. Insistirao je na tome, da svoju bušotinu locira baš na mjestu, gdje su Gross i lokalni rašljaši rekli da nema vode. Vodeći se čisto praktičnim razlozima postavio je bunar uz stražnji zid kuće, odakle je bila jednostavna instalacija u podrum.

S obzirom na iskustva prethodnih bunara, kada je na dubini od cca 40 m bušotina zašla u krupni vodonosni pijesak, upotrebio je najveću moguću mjeru opreza kod privođenja bunara eksploataciji. Bunar je uspio. Količina vode procijenjena je na više od 50 l/min, a ispitivanjem je ustanovljen dobar kvalitet vode.

Projekt B svršio je mnogo jednostavnije. Iz automobila, sjedeći s rašljama na stražnjem sjedalu vozeći se gradskim ulicama, Gross je odredio lokaciju »ogromne podzemne rijeke« s kapacitetom od 4,5 miliona l/dan, s time, da se na tom području izbuši niz bunara.

Nešto kasnije je na tom mjestu izbušen pokusni bunar do dubine oko 25 m, čiji je kapacitet forsiranim pokusnim pumpanjem ustanovljen sa cca 250 l/min, što se svakako nije moglo tumačiti kao neka »podzemna rijeka«, a nije bilo ni približno dovoljno vode, da bi se gradska uprava odlučila na kopanje niza takovih bunara i napustila dotadašnji projekt opsbrke akumulacijom.

Time je eksperiment s projektom A i projektom B završen i istinoljubivi novinar postavlja dva pitanja:

1. Zašto nepogrešivi rašljaš Henry Gross nije uspio da rašljama odredi ležaj vodonosnog pijeska, koji se za cijelo vrijeme trajanja eksperimenta odnosno Grossovog boravka na terenu nalazio na 35 do 40 m pod njim, a koji ne bi nikada bio pronađen, da se oslonilo samo na njegove instrukcije, i

2. ako rašljarenje išta vrijedi, nije li moguće rašljama otkriti ne samo svaku vodu, koja se u okolici nalazi pod zemljom, nego i najbolju opskrbu vodom na ispitivanom zemljištu.

Nakon ovoga slučaja, koji u polemici pro i kontra rašalja svakako podupire mišljenje kontra, kakav zaključak treba izvesti?

Ograničit ću se na to, da on bude tuđ i identičan sa zaključcima kongresa za podzemnu vodu i mineralne izvore iz 1933 godine u Njemačkoj:

»Tvrdimo, da su rašlje suvišne, ako po mišljenju samih prominentnih rašljaša mora geolog i hidrolog reći posljednju riječ, ali ostavljamo zasada slobodu djelatnosti rašljaša s time, da se rezultati te djelatnosti registriraju službenim putem.«

VITRUVIJE I NJEGOVO DJELO »DE ARCHITECTURA«

Ing. **Milko Sinković**, Zagreb

I.

Rijetki su pisci klasične epohe, koji su sačuvali utjecaj antike na današnju evropsku i uopće svjetsku kulturu sve do današnjeg dana u tolikoj mjeri kao Marcus Vitruvius Pollio sa svojim velebnim djelom »De architectura libri decem«. On je u vremenu, kada su oblici klasičnog graditeljskog ideala dostigli svoj najzreliji vršak, napisao opširno djelo o tadašnjim spoznajama građevinske struke u kulturnom, umjetničkom i tehničkom smislu i tako ih sačuvao za daljnje generacije.

Treba napomenuti, da se pojmovi starogrčkih, kasnije i romaniziranih izraza arhitektura i arhitekt ne podudaraju u cijelosti s našim današnjim pojmovima. Klasični pojam arhitektura označivao je projektanta odnosno vrhovnog graditelja bilo kakve građevine, pa bila to zgrada, vodovod, most ili stroj. Prema tome, pojam starovječne arhitekture obuhvaća djelatnosti iz opsega današnje arhitekture, građevinarstva i strojarstva, dakako u onom opsegu, koji je u ono vrijeme postojao i s obzirom na nivo ondašnjih matematskih i prirodnih nauka mogao postojati. To moramo imati u vidu kod prosuđivanja Vitruvija i njegova djela.

Vitruvije, i kao graditelj, i kao stručnjak, kao pisac i kao čovjek svog doba, predstavlja vrlo interesantnu ličnost. Danas ga možemo prosuđivati, nažalost, samo po njegovu djelu »De architectura«. Ono je od neprocjenjive vrijednosti ne samo za tehničku već i za čitav niz inih struka. Iz njega filolog crpi mnoštvo stručnih izraza, koji bi nam se inače teško bili sačuvali, arheolog može na temelju njegovog djela studirati i rekonstruirati građevine, od kojih su preostali samo neznatni tragovi, a umjetnik i arhitekt mogu proučavati pravila klasične umjetnosti. To djelo možemo nazvati malom enciklopedijom o teoriji i praksi cijele klasične građevne i strojne tehnike. Konačno, njegov rad predstavlja jedino djelo o tom predmetu, koje nam se sačuvalo iz klasične starine, a ta činjenica može samo još podići njegovu važnost i značenje.

Sve podatke o životu velikog graditelja i pisca, o njegovu znanju, o njegovu studiju i njegovu mišljenju možemo crpsti samo iz navedenog njegovog djela. Drugi neki podaci o njem nigdje se nisu sačuvali. Za prosuđivanje njegove ličnosti kao i njegovog rada od najveće je dakle važnosti samo njegovo djelo. Zato treba da se prvenstveno upoznamo s općom organizacijom i rasporedom sadržaja njegove knjige.

Svoje je djelo Vitruvije podijelio u deset knjiga. Svaka knjiga ima, dakako, sadržaj umjerenog opsega, tako da čitavo njegovo djelo predstavlja po svom volumenu jednu našu knjigu normalne veličine. Svaku je knjigu Vitruvije podijelio na uvod i na niz poglavlja. Uvodi knjiga naročito su značajni za skromne podatke iz njegova života kao i za podatke o njegovim pogledima na različite opće probleme. U samim poglavljima Vitruvije raspravlja pojedine tehničke probleme i daje o njima svoja kritična razmatranja, uporeďivanja i svoj konačni sud.

II.

Skoro je čudnovato i svakako treba požaliti, da o Vitruvijevu životu i o njegovoj sudbini nemamo nikakvih drugih autentičnih vijesti i podataka osim onih, koje on sam iznosi u svom djelu. Datum ni godina njegovog rođenja nisu nam poznati. Sa sigurnošću znamo jedino to, da je živio nekako u prvom stoljeću prije početka naše ere. Iz samog djela možemo zaključiti, da je Vitruvije bio savremenik cara Augusta, kojemu je svoje djelo i posvetio.

Ni mjesto njegova rođenja nije nam poznato. Za tu čast bore se dva grada: Verona i Formija. Da li je stvarno tako, također je u pitanju. Njegovi roditelji bili su vrlo ugledni i kulturni ljudi, koji su se mnogo brinuli za njegov odgoj i studij, što i sam Vitruvije ističe s ponosom i zahvalnošću.

Njegova ličnost nalikuje u mnogočemu onoj Leonarda da Vinci-a. I on ujedinjuje djelatnost umjetnika i inženjera, no čini se, da je bila važnija njegova djelatnost kao inženjera, bar u ono vrijeme, i to kao

vojnog inženjera cara Augusta. Kada je naime August vodio građanske ratove, radio je Vitruvije još s trojicom inženjera na uređivanju bojnih sprava, katapulta i balista. Zbog toga mu je August i dao doživotnu penziju, za koju mu je Vitruvije vrlo zahvalan. Da je Vitruvije bio vanredna ličnost, možemo zaključivati iz čitavog niza činjenica. U prvom redu, njegovo poznavanje literature ondašnjeg vremena bilo je izvanredno, pogotovo one iz područja graditeljstva i prirodnih nauka. Iz samog njegovog djela razabiremo, da mu navedena literatura nije bila poznata samo po imenu, već da se on u njezin sadržaj uživio te ga i kritički preradio. Već ta činjenica mu određuje među ondašnjim građevnim stručnjacima poseban položaj, jer bavljenje teorijom građenja, ma da je ona usko povezana s praksom, nije posve uobičajeno među inženjerima. Konačno, moramo imati u vidu i to, da je Vitruvije morao biti naročito sklon pisanju u svojoj struci, jer je vršio opsežne studije također iz savremene tehničke književnosti, a nabavka odnosno i sam pristup ondašnjoj stručnoj literaturi bio je povezan s priličnim poteškoćama.

Kao daljnji moment za prosuđivanje njegovog ondašnjeg značenja kao svestranog inženjera može nam služiti i činjenica, da je on postao vrhovni vođa odjela za ratne strojeve na strani cara Augusta. Takav je položaj svakako tražio veliko tehničko znanje, iskustvo i promišljenost. Možemo dakle zaključivati, da Vitruvije nije stekao ta svojstva samo u Rimu, već i na raznim bojištima ondašnjeg svijeta. Odatle možemo dalje zaključiti i to, da je on poznavao dobar dio klasičnog svijeta iz vlastitog posmatranja i da su mu bile osobno poznate sve građevine, na koje se poziva u svom djelu. Sve te okolnosti osposobljavale su Vitruvija, da je u vezi sa svojom metodikom mogao stvoriti djelo trajne vrijednosti.

Nažalost, građevine, koje je sam Vitruvije izveo, nisu nam poznate. Znamo samo, da je projektirao i gradio baziliku (t. j. sudsku i tržnu zgradu) u Fanumu. Poslije svog aktivnog rada Vitruvije se povukao u mirovinu. Ali i tu nije živio u dokolici. U to vrijeme napisao je svoje djelo poslije toliko godina vlastite prakse i intezivnog studija drugih autora, pa i iz studija različitih građevina. Sve je to radio već u visokoj starosti, kada mu je lice već starost nagrdila i bolest ispila fizičku snagu, kako to sam kaže.

Iako nemamo bližih podataka iz Vitruvijeva života, ipak na osnovi gornjih razmatranja i iz sadržaja njegovog djelo dobivamo prilično jasnu njegovu sliku kao inženjera sveopće naobrazbe i kao takvog poznavatelja građevnih problema svog vremena da u kasnijim vremenima, pa sve do danas, možemo pronaći vrlo mali broj ljudi, koji bi se mogli ponositi tolikom univerzalnošću.

III.

Zbivanja prilikom prvog izdanja djela »De architectura« nisu nam dakako poznata; možemo ih samo po prilici rekonstruirati iz drugih poznatih činjenica i iz vlastite fantazije. Nakon svršetka rukopisa svog djela Vitruvije se sigurno morao sporazumjeti o njegovu izdanju s nakladateljstvom službenih rimskih novina »Acta populi romani diurna«, koje je imalo tada najveću manufakturu za prepisivanje rukopisa. Taj su rad obavljali vješti robovi, kojima je redaktor diktirao tekst. Istovremeno je katkada pisalo i po 50 do 100 robova, pa se na taj način mogla postići naklada od nekoliko stotina primjeraka. Tim su se načinom valjda poslužili i ostali suvremeni pisci i pjesnici kao Horacije, Vergilije i drugi, kada su svoja djela upućivali u javnost. Takav je put moralo proći i djelo Vitruvija, da bi se moglo proširiti među suvremenicima. Daljnja prepisivanja njegovog djela su omogućila, da ono ni narednim generacijama nije ostalo nepoznato.

Već u prvom vijeku naše ere Seksto Julije Frontin spominje djelo Vitruvija u svojoj knjizi o rimskim vodovodima, a Plinije Stariji u svom djelu »Naturalis historia«. I iz samih građevina kasnijeg doba najsjajnijeg procvata rimskog graditeljstva, po prilici do godine 140 n. e., može se zaključiti, da se djelo Vitruvija visoko cijenilo. Pa i daljnja stoljeća još se uvijek služe njegovim normama i kanonima iz graditeljstva.

U vremenu ranog srednjeg vijeka dogodilo se i djelu Vitruvija isto što se dogodilo djelima ostalih pisaca klasike: pali su u zaborav, a samo na pojedinim mjestima, prvenstveno u samostanima, njihova djela su se prepisivala i čuvala. Danas nemamo nijedno djelo klasičnih pisaca u originalnom izdanju; sva ta djela sačuvala su se samo u prijepisima i to u prijepisima, koji su opet prijepisi prijepisa. Zato se i događa, da se neki prijepisi jednog djela dosta razlikuju od drugih prijepisa istog djela, pa se autentični tekst katkada vrlo teško može ustanoviti.

Istom početkom renesanse u Italiji i intenzivnijim razvitkom humanističkih znanosti uskrsla su iz zaboravi djela klasičnih pisaca, među njima i djelo Vitruvija. Prvi rukopis njegova djela bio je navodno otkriven početkom XV. stoljeća u samostanu St. Gallenu u Švajcarskoj. Koliko je danas poznato, postoji na svijetu još 55 raznih rukopisa njegova djela; najstariji među njima sižu čak u IX. stoljeće n. e. U uporeďenju s ostalim piscima klasike to je priličan broj. Danas nam je nemoguće procijeniti, koliko se rukopisa izgubilo i koliko njih je bilo tijekom vremena uništeno, ali ipak možemo pretpostaviti, da se je u vremenu do IX. stoljeća, dakle u eri najvećeg kaosa u Evropi, kraj tako opsežnih razaranja ipak sačuvao toliki broj rukopisa samo zbog sveopćeg priznanja radu Vitruvija.

Renesansa je prouzrokovala sve veće zanimanje i studij antike, pa je s ostalim piscima te epohe i djelo Vitruvija doživjelo svoj preporod. Pogotovo je pronalazak štamparskog umijeća omogućio, da se poznavanje njegova djela proširi na mnogo širi krug čitalaca. Nove naklade njegovog djela, bilo u originalu na latinskom jeziku, bilo u prijevodu na raznim svjetskim jezicima izlazile su i izlaze sve do današnjeg dana. Ono je dosada objavljeno u više od 80 naklada, dok je bezbrojan broj rasprava i eseja, koji se u bilo kakvom obliku bave s njegovim teorijama o graditeljstvu ili raspravljaju o nekim pojedinostima iz njegova djela. Prvo izdanje na talijanskom jeziku izašlo je god. 1511, i odonda su redom slijedili prijevodi na španjolskom, njemačkom, francuskom i drugim jezicima. Konačno smo god. 1951 dobili djelo Vitruvija i na hrvatskom jeziku, čime smo i mi iskazali poštovanje velikom piscu i inženjeru starog vijeka.

Originalni tekst Vitruvijeva djela bio je snabdjeven crtežima, koji su objašnjavali taj tekst. Iako nam se sačuvao toliki broj prijepisa njegova djela, nije se sačuvao nijedan od tih crteža. Osim toga su se pri stalnom prepisivanju pojavila u tekstu nekoja teže razumljiva mjesta, što je shvatljivo, ako se ima u vidu, da su kaluđeri, koji su vršili ta prepisivanja, imali vrlo malo ili nikakvo tehničko znanje. Sva novija izdanja tog djela imaju crteže, koji su rekonstruirani djelomično na temelju samog teksta, djelomično na temelju mjerenja još postojećih građevina iz klasičnog vremena. Sva su novija izdanja također snabdjevena komentarima, koji objašnjavaju teže razumljiva mjesta.

Vitruvije je zauzeo u graditeljstvu skoro sličan položaj kao prije njega Ciceron u latinskoj stilistici. Obrazovana je vrlo agilna stranka i škola Vitruvijanaca, dok se nije god. 1542. u Rimu osnovala posebna Vitruvijanska akademija s prilično opsežnim programom za studij antike.

Tokom XVIII. i XIX. stoljeća, kada se počelo sa studijem antičnih građevina po egzaktnim metodama

i besprijekornim mjerenjima, pojavila su se u Italiji i Engleskoj, kasnije i u Njemačkoj i Francuskoj, nova raskošna izdanja Vitruvijeva djela, s fino izrađenim bakrorezima kao dragocjenim znanstvenim ilustracijskim materijalom, priređenom na osnovi samog teksta.

Hrvatski prijevod prof. Dr. Lopca iz god. 1951. izrađen je vrlo pomnjivo, snabdjeven je primjedbama, koje objašnjavaju tekst općenito, a stručne izraze napose. Crteži, koji bi trebali objašnjavati tekst, ne mogu se ocijeniti kao naročito dobri ni lijepi, a sama oprema knjige daleko zaostaje za izdanjima u raznim stranim jezicima. Vitruvije zaslužio je bolju opremu!

IV.

Proučavanjem Vitruvijeva djela moramo doći do uvjerenja, da je ono napisano s potpuno univerzalnog gledišta. Sam autor predstavlja nam se kao vrlo simpatična ličnost, koja iznosi svoje poglede na pojedine probleme posve iskreno i izravno, bez nekih uvijenih misli. Veoma je interesantna činjenica, da on iznosi niz problema, koji su još i danas aktuelni i, nažalost, još uvijek neriješeni. Na drugoj strani pokazuje nam se opet kao pravo dijete svog vremena, što čitalac svakako mora uzeti u obzir. Moramo imati na umu, da su prirodne, tehničke i ostale nauke pred skoro 2000 godina bile sasvim na drugačijem nivou nego danas. Ne može se osporavati, da se kod mnogih njegovih tvrdnja moramo smješkati, jer ih je današnja znanost već davno oborila, ali neka duhovna oholost u odnosu na ondašnja shvaćanja svakako ne bi bila na mjestu. Moramo biti svjesni, da i naše najnovije spoznaje iz područja kemije nisu starog datuma, pa se još uvijek nalaze u razvitku. Ako dakle Vitruvije tvrdi, da su pratvari svih stvari atomi, svakako moramo priznati, da su prirodoslovci klasične epohe bili na pravom putu, iako su njihove teze potvrđene tek nakon 2000 godina. Međutim ti atomi ili — latinski — insecabilia nisu identični s današnjim atomima; Vitruvije je smatrao za četiri elementa vatru, vodu, zrak i zemlju. To je shvaćanje moderna znanost oborila još ne tako davno. Takve tvrdnje ne smiju međutim smetati čitaoca, jer one su samo interesantan kulturni dokument onog vremena. Mi Vitruvija, ne čitamo da upoznamo prirodne znanosti, nego zbog građevinskih i estetskih nazora antike.

Vitruvije je dao smjernice i kanone za ispravno oblikovanje građevina. Nitko ih danas neće ropski slijediti, niti je toliko važno, kakvo je bilo oblikovanje građevina u njegovo vrijeme, važna je činjenica, da su takva pravila već onda postojala i da su se kod gradnje uvijek upotrebljavala, iako katkada s manjim odstupanjima.

Vitruvije traži od graditelja opširno znanje i upućenost u različite znanosti. Ono mora obuhvatiti dva područja: teoriju i praksu. Tko se bavi samo s jednim od ovih područja, ne može postići većih uspjeha. Samo onaj, koji znade oba područja u jednakoj mjeri, brže će i s boljim uspjehom postići svoj cilj. Vitruvije dakle traži od graditelja, da bude znanstveno osposobljen za svoj rad. Graditelj trebao bi ovladati čitavim nizom disciplina, kao literaturom, stilistikom, crtanjem, geometrijom, perspektivom, aritmetikom, optikom, poviješću, muzikom (akustikom), medicinom (anatomijom), filozofijom, pravom i astronomijom. Vitruvije točno navodi razloge za potrebu znanja pojedinih tih disciplina. Ako je u ono vrijeme postojala neka tehnička visoka škola, morala je prema tome imati vrlo bogat nastavni plan! Sudeći prema preostalim antičkim građevinama odnosno njihovim ruševinama, čini se, da je tako i bilo.

Vitruvije je pravi entuzijast za znanost. S velikom zahvalnošću sjeća se svojih roditelja, a pogotovo svojih učitelja, koji su mu omogućili studij, jer bez odgoja i opsežnog znanja na svim poljima ne bi mogao postići neko značenje. Njegova ljubav za književnost, za ostale umjetnosti i za različite znanosti, dala mu je za život najvišu smjernicu, koje se dosljedno pridržava, a ta je, da mu nije najviši cilj sticati materijalna dobra, nego postizavati zadovoljstvo, da svojim stvaranjem koristi čovječanstvu. Ističe dalje, da njegovo doba obiluje dobrim tehničkim stručnjacima; samo ga žalosti, da rijetko koji od njih uzima u ruke pisaljku da napiše nešto o svojim iskustvima i tako pomogne u radu drugim vršnjacima i potomstvu. Žalosti ga nadalje, da Grci imaju mnogo više tehničkih pisaca od Rimljana, iako i Rimljani imaju lijep broj odličnih graditelja. Oštro se pak obara na one pisce, koji tuđu imovinu prodaju za svoju — na plagijatore. I on sam se mnogo služi tuđom literaturom, ali to uvijek naročito ističe. Oštro nadalje kritikuje suvišno hvaljenje i slavljenje atleta, koji zapravo ništa korisno ne rade za zajednicu, već samo jačaju svoju muskulaturu, od čega potomstvo ne će imati nikakve koristi. Osuđuje nemar i nehaj prema učenim ljudima, koji svojim radom mnogo koriste čovječanstvu. Da Vitruvije živi danas, mislim, da ne bi imao baš mnogo razloga da piše drugačije!

Vitruviju nije bila ušteđena neprijatna sudbina inženjera, da ga ne pozivaju uvijek samo da gradi, već mora katkada sudjelovati i kod razaranja. Morao je graditi katapulte i baliste. I tu se u tih 2000 godina nije mnogo promijenilo. Zvuči skoro kao ironija, da je svoju mirovinu dobio više na račun razaranja nego na račun građenja.

Borba oko značenja Vitruvijeva djela bila je u svim vremenima vrlo živa, uvijek je imao strasnih pristalica, a i ništa manje strasnih protivnika. Ta borba pro i contra traje od vremena renesanse sve do danas. U njegove pristalice ubrajamo među drugima i veliku ličnost umjetnika i inženjera Leonarda da Vinci-a, dok na protivnoj moramo zabilježiti ništa manju ličnost graditelja i umjetnika Michelangela. Te činjenice samo potvrđuju veliko značenje Vitruvija za sva vremena. Samo beznačajne ličnosti nemaju ni pristalica, ni protivnika.

Ovaj kratki prikaz Vitruvija kao inženjera i pisca starog vijeka ne bi bio potpun, ako ne bismo naveli još kratak pregled sadržaja njegovih 10 knjiga. Vitruvije sam ističe, da je sadržaj podijelio u toliko knjiga samo zato, da čitanje tog znanstvenog djela ne bi bilo suviše dosadno. Opširne knjige mogu si dopuštati samo pjesnici i ostali pisci beletristike, jer njih narod rado čita, dok se pri čitanju znanastvenih knjiga svatko vrlo brzo zamori.

V.

Kratak pregled sadržaja pojedinih knjiga »De architectura«:

Knjiga I: Teorija, praksa i opće osnove graditeljstva. Podjela građevina na javne, privatne, sakralne, profane i obrambene. Izbor sanitarno podesnog gradilišta. Raspored i podizanje gradskih bedema i kula. Utjecaj vjetrova i klime na odluku o podizanju zgrada. Izbor i raspored trgova i javnih zgrada u gradu.

Knjiga II: Život pračovjeka. Početak civilizacije i građenje kuća. Rasprava o elementima svih stvari: vatra, zrak, voda i zemlja. Vrste opeka i pijeska. Vapno i njegova upotreba. Poteolanska zemlja i njezina izvrsna svojstva. Kamenolomi i prirodno kamenje. Razne vrste zida. Drvena građa i razlika između drva s različitim strukturama.

Knjiga III: Nauka o simetriji hramova i ispravnim proporcijama. Različite vrste hramova. Pravila za građevno oblikovanje hramova i raspored stupova. Izvođenje temelja. Oblikovanje jonskog stupa.

Knjiga IV: Tri glavna oblika stupova. Dimenzije korintskog kapitela. Primjena ornamenta. Osnova krovišta. Dorski građevni način. Unutarnja razdioba lađe i predvorja. Položaj hrama s obzirom na strane svi-

jeta. Raspored vrata kod hramova i njihovi okviri. Dimenzije etrurskih hramova. Različite vrste hramova. Smještaj žrtvenika.

Knjiga V: Osnivanje i dimenzioniranje trgova i bazilika. Gradske vijećnice, riznice i zatvori. Kazalište i rasprostiranje zvučnih valova. Muzika i nauka o muzičkoj teoriji. Raspored zvučnika u kazalištu. Osnivanje rimskog kazališta. Raspored u grčkom kazalištu. Podizanje kazališta s obzirom na akustiku. Raspored trijemova i hodnika u kazalištima. Kupališne zgrade. Oblikovanje palestra (škola za borenje). Građenje luka i pristaništa.

Knjiga VI: Izbor mjesta za privatne kuće s obzirom na klimatske prilike. Pojedine prostorije stambene zgrade i njihova veličina. Položaj pojedinih prostorija i njihov raspored u kući. Izgradnja ladanjskih zgrada. Različitosti kod grčkih stambenih zgrada. Propisi o čvrstoći zgrada, prostorija, podruma, svodova i stropova.

Knjiga VII: Izrada pločnika na podovima. Gašenje vapna, izrada morta i žbuke. Plafoni i zasvedeni stropovi. Žbuka na vlažnim mjestima i drenaža. Slikanje stambenih prostorija. Pripremanje prirodnih i umjetnih boja.

Knjiga VIII: Istraživanja za pronalazak vode. Kišnica i njezino kolanje. Topla vrela i svojstva vode u rijekama i jezerima. Ispitivanje vode s obzirom na njezinu upotrebljivost. Polaganje vodovodnih cijevi. Aparati za niveliranje. Izgradnja vodovoda, bunara i cisterna. Opskrba grada vodom.

Knjiga IX: Zodijak i putovi sunca, mjeseca, planeta i ostalih zvijezda. Raspravljanje o astrologiji. Načini crtanja avalema za sunčani sat. Oblici različitih vrsta satova.

Knjiga X: Razmatranja o strojevima i aparatima uopće. Dizala i njihova primjena u građevinarstvu. Elementi kretanja. Strojevi za crpljenje vode. Vodni kotači i mlinovi. Vodna zavojnica. Ktezibijeva crpka. Vodene orgulje. Sprave za mjerenje prevaljena puta. Ratni strojevi: katapulte i baliste. Naprave za opsadu tvrđava. Različiti oblici kornjača za navalu. Naprave za obranu.

S naših gradilišta

SA GRADILIŠTA MOSTOVA U SLUNJU

Već se nekoliko godina gradi u etapama nova cesta od Zagreba do Splita. Cesta je dovršena skoro do Slunja, a doskora će biti dohvaćena i Plitvička jezera. U vezi s tim radovima grade se sada novi mostovi u Slunju i cesta kroz mjesto Slunj.

Nova je cesta mogla proći kod Slunja, tako, da uopće ne uđe u mjesto. Time bi se dobio nesmetani tranzitni prolaz na tome potezu, ali je bilo razloga koji su govorili zato, da se prođe upravo kroz centar grada. Ti su razlozi prevagnuli, pa će nova cesta prolaziti, kao i stara, preko Korane i preko Slunjčice u glavnu ulicu Slunja.

Cesta od Karlovca do Splita, na potezu dugom preko 320 km, prolazi veoma pustim predjelima i ulazi svega u Slunj, Korenicu, Gračac, Knin i Sinj. Time je putovanje po pustoši razbijeno u podjednake kraće etape. Gledano iz te perspektive dobro je da i nova cesta prolazi kroz Slunj. Poželjno je to učiniti i stog razloga, jer istim troškom uređujemo mjesto, a nova moderna cesta i kolovoz radi se tamo gdje stalno žive ljudi.



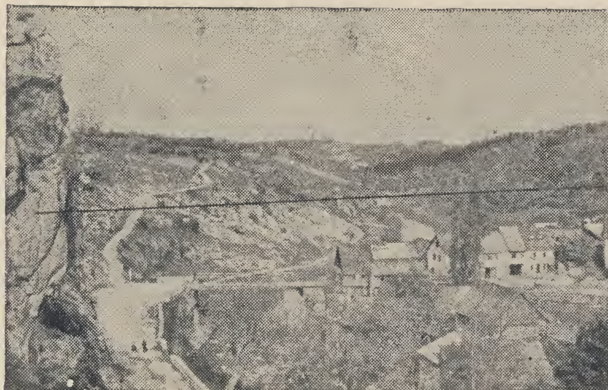
Sl. 1 — Most preko Slunjčice u Slunju

Činjenica je zatim, da u Slunju cesta prolazi uz izvanredno lijepe slapove Slunjčice, na kojima je nagusto smješten niz slikovitih mlinica. Takav osebujni krajolik sa kenjonom Slunjčice turistička je atrakcija prvoga reda.

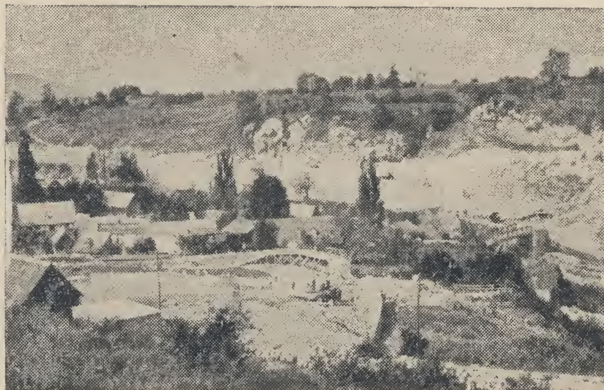
Cesta, koja nailazi od Zagreba polagano se spušta prema Korani duž desne obale rijeke i duž slapova Slunjčice pa zaokreće preko uvale tek nakon što je prošla čitave slapove. Cesta zaokreće u vrlo oštrom zavoju radiusa 71 metar pa se i most gradi u tako oštroj krivini. Niveleta ceste je nad uvalom kojih 20 metara visoko uzdignuta.

Objekt koji se gradi, bit će viadukt od armiranog betona sa 9 m širokim kolnikom i razmakom stupova po 18,4 m. Most će imati osam otvora. Stupovi su mosta osebujnog izgleda u obliku rašalja, koje se račvaju na visini 8 m ispod glavne ploče mosta.

Do sada su dovršeni potporni zidovi prilaza na desnoj obali, zatim svi temelji mosta, a gotovi su i upornjaci na krajevima. Na obalama je bilo temeljenje stupova jednostavno, jer se nosiva litica nalazi na površini terena i na suhom. Ipak, kod izgradnje temelja za dva srednja stupa, koji se nalaze u koritu za malu vodu bilo je potrebno



Sl. 2 — Niveleta novog mosta preko Korane u Slunju



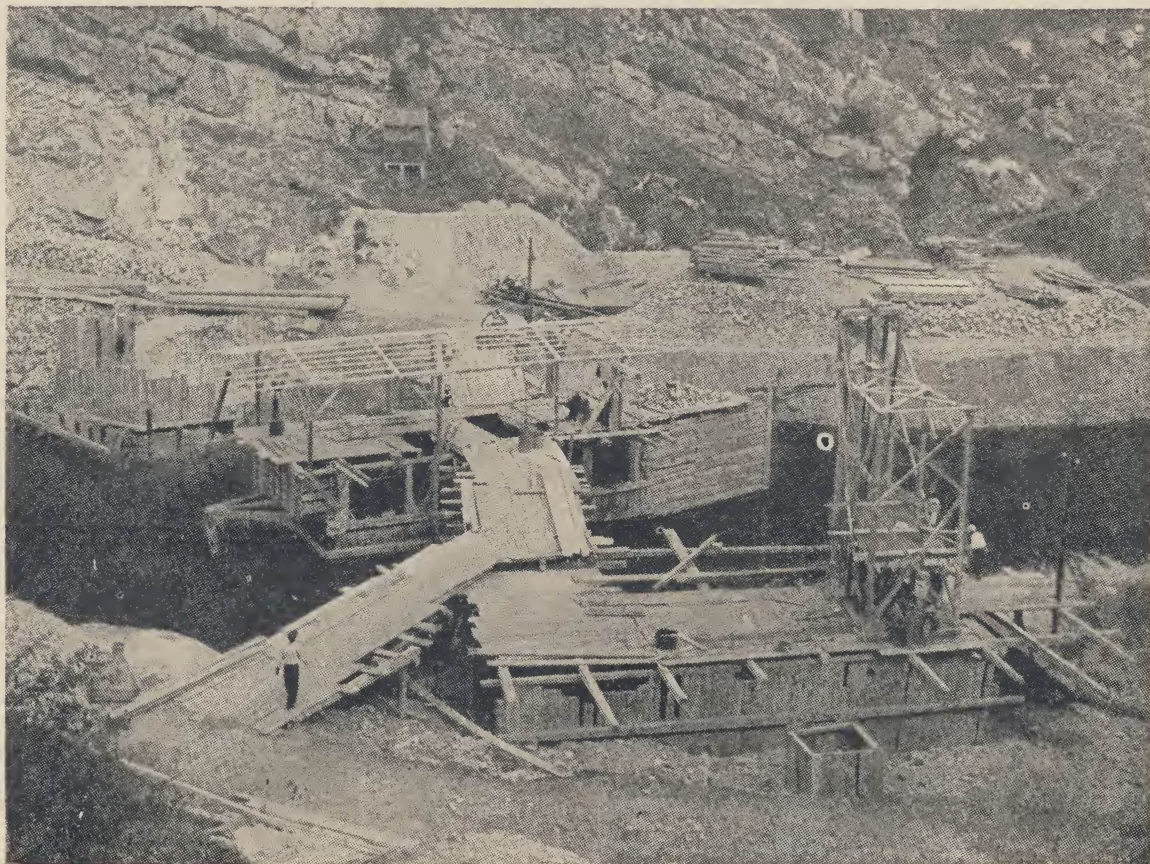
Sl. 3 — Most preko Korane u Slunju. Lijevi upornjak u gradnji

izvesti građevnu jamu pod zaštitom od drvenog žmurja. Dubine tih jama bile su otprilike 7 m ispod male vode.

Sada se grade skele i oplate za betoniranje stupova i glavne ploče mosta. Izgradit će se samo polovina skele, pa će se nakon što budu izbetonirana četiri otvora, skela premjestiti na drugu polovinu mosta. Velika visina mosta bila je razlog radi kojega je konstrukcija skele također dosta komplicirana i delikatna. Rasponska konstrukcija skele je projektirana kao složeni razuporni nosač.

Na lijevoj obali Korane predviđeno je i izvedeno proširenje ceste takovih dimenzija, da su na njemu mogli biti smješteni svi uređaji, strojevi i skladišta materijala potrebnog za izgradnju skela, za armaturu i za betoniranje konstrukcije.

Taj je prostor tako smješten da će jednako dobro poslužiti i kod izgradnje drugoga mosta na Slunjčici, koja se nalazi odmah s druge strane toga platoa na kojemu će se inače nalaziti raskršće.



Sl. 4 — Most preko Korane u gradnji

Dok je tlo u uvali Korane vrlo dobra litica dotle je u Slunjčici do nedohvatne dubine sedra na kojoj se ne može izgraditi masivni most. Radi toga je projektiran na toj uvali masivni lučni objekt u jednom otvoru raspona otprilike 75 metara sploštenosti 1 : 7. Obale su korita kamenite pa je moguće predati potisak na njih. Most će biti izgrađen također od armiranog betona.

Dalje nakon prelaza Slunjčice cesta je usječena u liticu kenjona kojega obilazi sve do ulaska u glavnu ulicu grada.

Cesta je kroz Slunj projektirana kao ulica sa kolnikom širokim 8,5 m i što je moguće širim hodnicima i blagim visinskim razlikama. Kod rješavanja prolaza bilo je potrebno voditi računa o postojećim kućama pa nije bilo moguće toliko otvoriti prolaz koliko bi to bilo poželjno.

Da ne bi kasnije trebalo prekopavati novu cestu i hodnike rade se odmah i sve podzemne instalacije vodovoda, kanalizacije, kabeli za struju i slivnici za odvodnju, tako da će nakon dovršenja ceste biti taj dio mjesta kompletno uređen.

Jednako tako je predviđena izvedba potrebnih vodova na potezu ceste preko mostova i do njih, te uvođenje nove javne rasvjete na cesti i mostovima na čitavom potezu od prilaza na Koranu do izlaska iz mjesta.

Novi mostovi i nova cesta izmijenit će posve stari izgled Slunja i mnogo doprinijeti tome najvećem mjestu Korduna u kojega gravitira uistinu široko područje bliže i dalje okolice.

Projekt jednog i drugog mosta te projekt ceste izrađen je u Inženjerskom projektnom zavodu u Zagrebu, projektant Ing. K. Tonković.

Radove na mostu preko Korane izvodi Pomorsko građevno poduzeće iz Rijeke, a radove na cesti građevno poduzeće »Korana« iz Slunja.

Tk

Iz inozemnih časopisa

RADIO-JARBOL U OLDENBURGU, VISOK 298 m

(Der Stahlbau 1956, sv. 10)

Za Sjevernonjemački radio (NDR) sagrađen je u blizini mjesta Steinkimmen između Bremena i Oldenburga radio-jarbol visok 298 m, s kojega će se davati obične i televizijske emisije ultrakratkim valovima (UKV). Tim će emisijama biti opskrbljeno područje na sjeverozapadu Savezne republike Njemačke, ograničeno na sjeveru Sjevernim morem, na istoku Lineburškom pustopoljinom, na jugu Vestfalijom i na zapadu Holandijom. Prethodne su studije pokazale, da je ekonomnija izgradnja jednog jakog odašiljača s visokim jarbolom nego nekoliko slabijih odašiljača s nižim jarbolima ili tornjevima. Stručnjaci su izračunali, da antene za predviđene UKV i televizijske (TV) emisije moraju imati visinu 70 m a njihov donji kraj da mora s obzirom na traženi kvalitet emisija biti postavljen cca 200 m visoko nad tlom. Kako na terenu nema nikakve prirodne uzvisine, a između obiju grupa antena za UKV i TV jarbol je morao biti pritegnut, jer bi inače gornji, konsolni njegov dio bio 75 m dug i stoga neekonomičan, dobivena je visina jarbola 298 m (sl. 1). To je najviša građevina u Saveznoj republici Njemačkoj, a u Evropi po visini druga građevina. Za uspoređenje navodimo visine nekih opće poznatih visokih objekata:

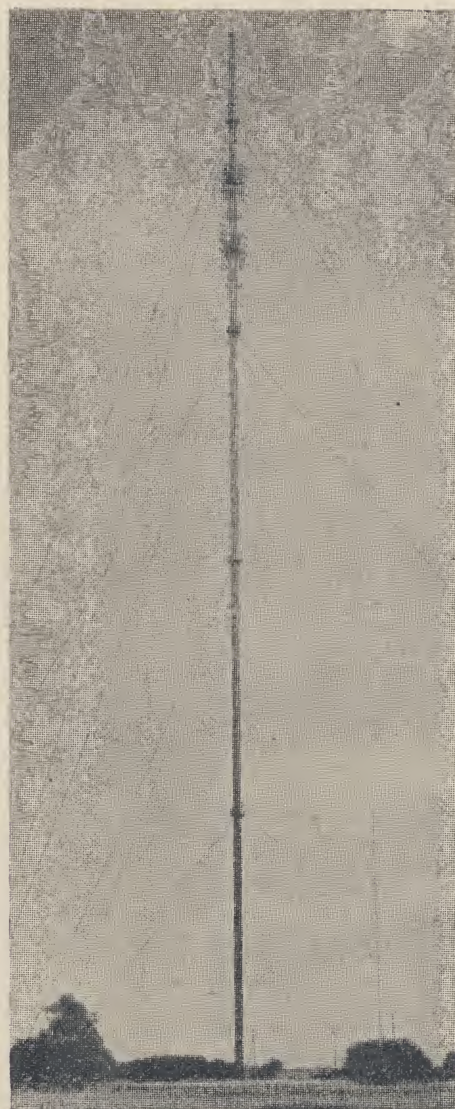
Radio-toranj Berlin	135 m,
Katedrala u Kölnu	157 m,
Eiffelov toranj	300 m,
Empire State Building	449 m,
TV jarbol Oklahoma (USA) . .	479 m,
TV jarbol Montgomery (USA) . .	562 m.

Ekonomska razmatranja diktirala su ne samo materijal za izgradnju objekta — čelik —, nego i oblik objekta — pritegnuti jarbol.

Konstruktivna koncepcija jarbola proizašla je iz ovih osnovnih zahtjeva:

a) S obzirom na što manji utrošak materijala za jarbol, pritezna užeta i temelje, jarbol je trebao da dobije takav oblik, da pritisak vjetra na nj bude minimalan.

b) Na što većem dijelu visine jarbola trebala je biti omogućena vožnja dizalom za dva lica, koje će biti zaštićeno od vjetra,



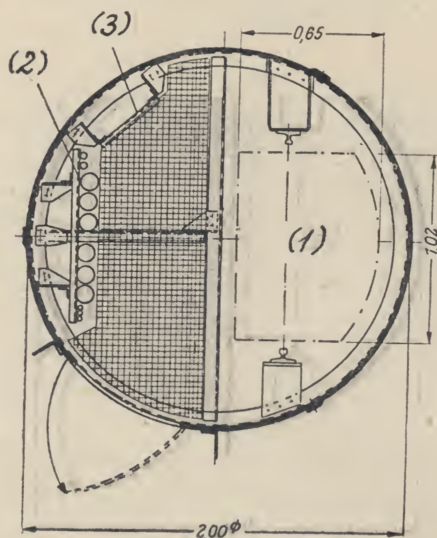
Sl. 1 — Pogled na jarbol s priteznim užetima, podestima i antenama

c) Kabeli za visokofrekventnu struju trebali su da budu smješteni u jarbolu tako, da budu po mogućnosti zaštićeni od utjecaja atmosferilija.

d) S obzirom na održavanje naliča trebalo je dati prednost zaobljenoj konstrukciji sa glatkom, što manjom površinom, sa što manje uglova i bridova.

e) UKV antene, smještene iznad najgornjih priteznih užeta, trebale su da budu lako pristupačne iz unutrašnjosti jarbola, zbog reparatura i posluživanja. (Za bitno šire TV antene, smještene ispod najgornjih priteznih užeta, to nije bilo potrebno, jer je kod njih međuprostor između zida jarbola i reflektorskog zida antene bio dovoljan za spomenutu svrhu.)

Uslovima a) do d) vrlo dobro zadovoljava na donjih 267 m visine jarbola cijev s promjerom 2,0 m. Svima uslovima a) do e) dobro odgovara na gornjih 31 m jarbola rešetkasti stup na kvadratičnoj osnovi, izveden od čeličnih cijevi sa zavarenim vezama u čvorovima, sa sistemnom širinom 1,46 m. (Stup mora biti četverostran zbog 4 smjera antenskih zraka.) (sl. 1 i 2.)



Sl. 2 — Presjek cijevnog dijela jarbola
(1) dizalo za 2 lica, (2) kabelske ljestve, (3) ljestve za penjanje

Debljina lima za donji, cijevni dio jarbola odabrana je sa 6 do 10 mm, kao optimalna za izvođenje u radionici. Tom debljinom lima određen je, s obzirom na elastostatičke odnose cijevnog stupa, i maksimalni razmak presjeka, u kojima će jarbol biti poduprt, t. j. pritegnut užetima.

Kao glavno opterećenje uz vlastitu težinu jarbola, užeta za pritezanje i antene (48 UKV dipola, ravnomjerno porazdijeljenih na četiri strane jarbola i 16 isto tako raspodijeljenih TV antena, visine 9,6 m i širine 4,5 m), nastupa pritisak vjetra. On je računat po obrascu $q = 80 + 0,28\ h$, što daje za dno jarbola 80 kg/m², a za vrh 163,5 kg/m².

Kako je jarbol dolje poduprt čvrstim zglobom, a u četiri je presjeka elastično poduprt pritezanjem u tri smjera, on je tri puta hiperstatičan. Statički račun za jarbol nije međutim mogao biti izvršen po jednostavnim obrascima za kontinuirani nosač na slobodno okretnim ležištima, kojih popuštanje je u linearnom odnosu s ležišnim reakcijama, jer popuštanje ležišta stvarno zavisi i od progiba užeta.

Oba dijela jarbola — rešetkasti kao i cijevni — izračunata su po propisima DIN 4114 za savijanje i izvijanje. Cijevni dio jarbola istražen je i za ispupčenje. Tu međutim nisu mogli biti neposredno primijenjeni propisi DIN 4114, jer se oni odnose na ispupčenje ravnih limova, koje je daleko manje opasno za stabilnost konstrukcije. Ispupčenje cijevnog stupa istraženo je po Donellovu obrascu, s koeficijentom sigurnosti povećanim od 1,35 na 1,80.

Materijal jarbola je Č 37, s dopuštenim naponom 1600 kg/cm². Čelične žice za užeta imaju čvrstoću 120 kg/mm². Užeta su računata s koeficijentom sigurnosti $\nu = 2,3$.

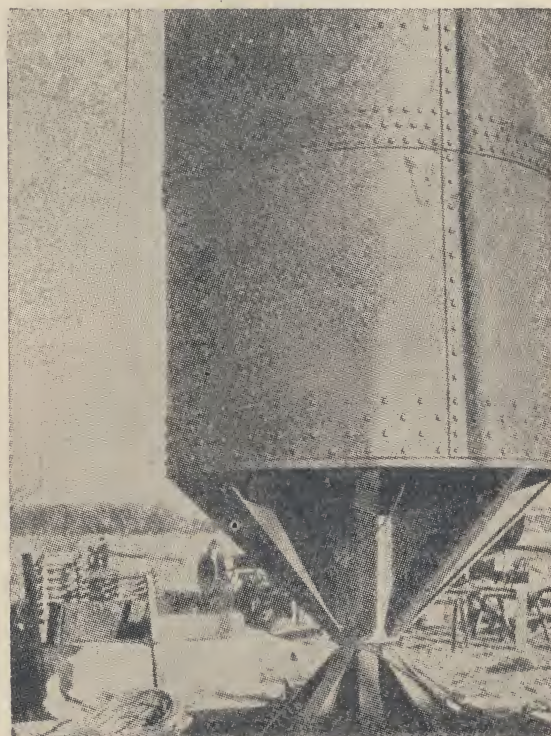
Težina cijele čelične konstrukcije iznosi oko 240 t, bez dizala i armature u temeljima.

K o n s t r u k t i v n a o b r a d a. Gornji, rešetkasti dio jarbola izveden je u radionici, u obliku komadâ prostorne rešetke, dugih 4,8 m. Oni su pri montaži međusobno spajani točno izrađenim vijcima. Veza rešetkastog dijela jarbola sa donjim, cilindričnim dijelom izvršena je s pomoću limova, navarenih na pokrovnu ploču cijevi, koji ulaze u ureze u cijevnim štapovima rešetke.

Cijevni dio jarbola sastavljen je od komada dugačkih 3 m. Njihov oblik nije posve cilindričan, nego nešto koničan, tako da se pojedini dijelovi cijevi redom nasađuju jedan na drugoga. Sastavci su izvedeni s pomoću tačno izrađenih vijaka. Cio cijevni dio jarbola prethodno je montiran u radionici, pri čemu su rupe za vijke, koje su u pojedinim dijelovima bile izrađene s manjim promjerom, pri sastavljanju dijelova zajedno izbušene do definitivnog promjera. To se radilo, da bi se dobila potpuna nepropusnost cijevi.

U sva četiri presjeka, u kojima su priključena na jarbol užeta za pritezanje, cijev je iznutra prstenasto ukrućena, zbog prenošenja sila iz užeta u jarbol. Na tima je mjestima izveden spolja oko cijevi hodnik na konsolama, na koji se izlazi kroz dobro zabrtvljena vrata. Na hodniku se mogu smjestiti različiti aparati za mjerenja i postaviti manje antene (na pr. za policijsku i poštansku službu).

Stopa jarbola izvedena je kao kuglični zglob (sl. 3). Maksimalna sila pritiska od cca 380 t prenosi se u



Sl. 3 — Zglob u stopi jarbola

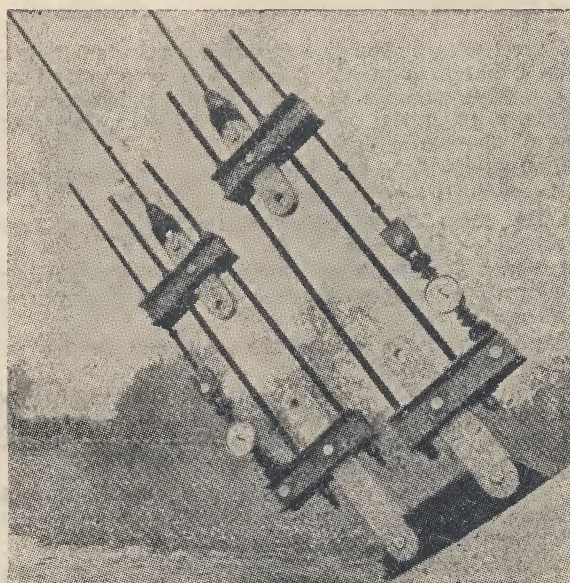
zglobu preko kugle s polumjerom 220 mm na donju ležišnu stolicu sa čašicom polumjera 230 mm. Pritisak se raspodjeljuje na površinu s promjerom 82 mm.

Užeta za pritezanje jarbola sastavljena su od dobro pocinčanih žica od livenog čelika, debelih 4 mm, koje su obavijene pocinčanim mekim žicama i dodatno zaštićene vrlo elastičnim bituminoznim naličem, slobodnim od kiselina, otpornim protiv djelovanja temperature. Užeta nisu zasukana i stoga se u pogonu ne istežu, nego rade kao elastični zategnuti štapovi. Ona se ne mogu namatati pa prema tome ni transportirati, i zato su se izrađivala od pojedinih žica na samom gradilištu, s pomoću specijalnih naprava. Presjeci užeta su šesterokutni. Najgornja užeta za pritezanje, koja prenose sile veličine 67 t, sastavljena su od 108 žica; najdonja užeta, napregnuta silom od 13 t, sastavljena su od 27 žica. To daje veličinu promjera užeta 48 odn. 24 mm. Prednaponske sile užeta u stanju bez vjetra iznose oko 30% maksimalnih sila. S tim prednaponskim silama dobivaju se početni progibi užeta jednaki po pr. 1/100 dužine užeta.

Krajevi užeta zaliveni su kabelskim kalupima od livenog čelika (sl. 4) specijalnom smjesom olova i antimona. Oni su prethodno rašireni poput metle, a žice su presavinute.

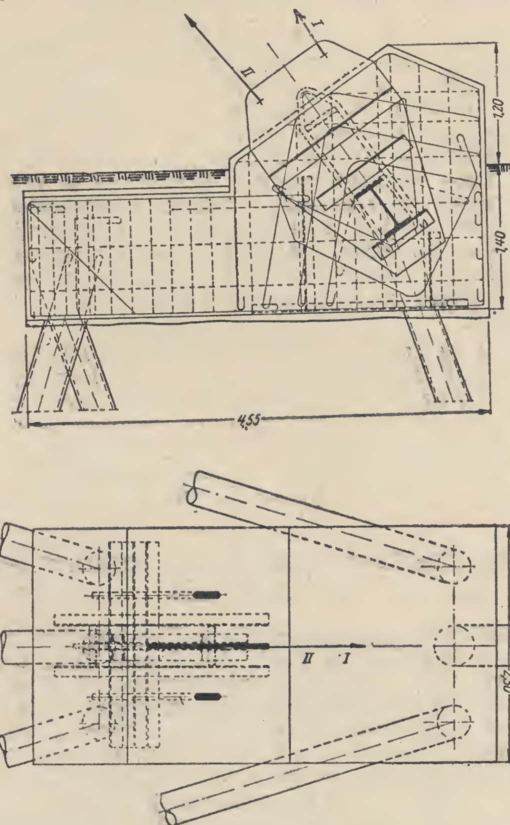
Temelj samog jarbola izveden je na pilotima, a isto tako i temelji, u kojima su usidrena užeta (po 2 za jedan smjer). Takav način temeljenja ima prednost pred uobičajenim temeljima u obliku betonskih blokova, da se gubi manje obradivog zemljišta, a k tome je u konkretnom slučaju zbog danih terenskih prilika (pijesak s visokim nivoom podzemne vode) bio i jeftiniji. U temelj jarbola smješteno je 6 tlačnih pilota, u vanjske temelje za užeta 1 tlačni i 5 vlačnih pilota (sl. 5), a u unutarnje temelje za užeta 1 tlačni i 2 vlačna pilota. Piloti imaju dužine do 10 metara. Promjer tlačnih pilota je 40 cm, a vlačnih 32 cm. Stope pilota proširene su na cca 1 m promjera.

Dizalo, smješteno u jednoj polovici presjeka cijevi (sl. 2), dimenzionirano je za 200 kg upotrebnog tereta (za 2 lica), a vozi brzinom od 0,5 m/sek. Vožnja od stope do vrha cijevnog dijela jarbola traje svega 9 min.



Sl. 4 — Uređaji za pritezanje na donjem kraju užeta s ukopčanim dinamometrima za podešavanje prednaponskih sila

U unutrašnjosti cijevi smještene su i ljestve za penjanje, koje nakon dovršene montaže objekta služe u slučaju smetnje u pogonu dizala. One imaju na svakih 25 m visine podest, na kojemu mijenjaju položaj.



Sl. 5 — Vanjski temelj priteznih užeta s 1 tlačnim i 5 vlačnih pilota

Montaža cijevnog dijela jarbola izvršena je s pomoću pokrętnog montažnog jarbola, koji je bio smješten u unutrašnjosti cijevi, a oslanjao se na prstenasta ukrućenja cijevi. Umetanje vijaka u sastavke cijevi vršeno je s pomoću košarastih ljestava, koje su se pokretale po spoljnoj površini cijevnog dijela jarbola.

Brzina montaže bila je cca 3,5 m/dan. S prekidom zbog jake zime montaža je svega trajala 4 mjeseca. Za statički račun, izradu nacrta, nabavu materijala i rad u radionici trebalo je svega 6 mjeseci. Građevinu je projektiralo i izvelo poduzeće Hein, Lehmann u. Co. A. G. Düsseldorf.

Titranje jarbola moglo je unaprijed biti samo procijenjeno. Računsko određivanje vlastite frekvencije relativno je tegobno (u obzir dolazi samo iteracija), a k tome je i dosta nesigurno, jer je teško obuhvatiti računom smetnje od utjecaja priteznih užeta, antena i rešetkaste konsole na vrhu jarbola. Mjerenja na sličnim objektima su pokazala, da treba računati s frekvencijom reda veličine 1 Hz, t. j. jednim titrajem u sekundi. Karmannova vrtložna frekvencija $f = 0{,}216\ v/D$ (f = frekvencija u Hz, v = brzina vjetra u m/sek, D = promjer cilindra u m) daje za $f = 1$ i $D = 2$ brzinu vjetra $v = 9{,}26$ m/sek, kojoj odgovara usporni pritisak vjetra 5.35 kg/m² i prema tome jačinu vjetra 3—4 po Beaufortovoj skali. Taj se rezultat dobro slaže s iskustvom, po kojemu titranja cijevnih jarbola uvijek nastupaju kod manjih brzina vjetra, i to ne u smjeru vjetra, nego poprijeko na taj smjer.

R. K.

Iz društva građevinskih inženjera i tehničara N R Hrvatske

STRUČNI TEČAJEVI DRUŠTVA INŽENJERA I TEHNIČARA HRVATSKE

Društvo inženjera i tehničara Hrvatske smatra jednim od svojih osnovnih zadataka stručno uzdizanje svog članstva. Stoga je Društvo ove godine organiziralo nekoliko stručnih tečajeva. Dosada su održana tri tečaja: dva za »cement i beton« i jedan za »geomehaniku«. Tokom ove godine Društvo će organizirati još nekoliko tečajeva. Ponovit će se već održani kursevi iz »cementa i betona« i »geomehanike« i prirediti tečajevi o »bitumenima i asfaltiranju cesta«, o »organizaciji gradilišta« i o »prenapregnutom betonu«. Za članove u Zagrebu koji se pripremaju za polaganje stručnih ispita održavat će se kratki seminari.

Da bi se navedene stručne tečajeve mogli pravilno organizirati mora Društvo znati broj polaznika. Zato molimo drugove koji žele pohađati bilo koji tečaj ili smatraju potrebnim organiziranje tečajeva iz drugih područja građevinarstva da o tome obavijeste Društvo na adresu: Društvo građevinskih inženjera i tehničara Hrvatske, Zagreb, Berislavićeva ul. 6.

DOM DRUŠTVA INŽENJERA I TEHNIČARA NR HRVATSKE

Društvo inženjera i tehničara Hrvatske ima u Zagrebu u Berislavićevoj ulici br. 6 svoj Dom u kom se odvija sav društveni život Društva. U Domu se održavaju predavanja, kursevi, seminari, društveni sastanci i prikazuju stručni filmovi. Dom ima svoju knjižnicu s nizom domaćih i stranih stručnih i ilustrovanih časopisa, te dnevnim novinama. Prostorije Doma otvorene su svakog dana poslije podne i navečer. Posjetnici se mogu poslužiti u dobro organiziranom



buffetu. Uskoro će klub nabaviti televizor i novi radioaparat, pa se nadamo da će članovi Društva posjećivati svoje društvene prostorije u mnogo većem broju nego dosada. Slika u ovome broju prikazuje klubske prostorije našeg Društva.

PRVA JUGOSLAVENSKA IZLOŽBA GRAĐEVINSKIH MATERIJALA I ZAŠTITNIH SREDSTAVA U GRAĐEVINARSTVU

Društvo za zaštitu materijala NR Makedonije organizira u Skopju od 30. VI. do 7. VII. 1957. god. prvu izložbu građevinskih materijala i zaštitnih sredstava u građevinarstvu. Cilj je te izložbe da pruži pregled građevinskih materijala, da prikaže tehniku njihove proizvodnje, njihovu primjenu i ekonomiku, i da ukaže na mogućnosti i potrebe daljnjeg razvoja građevinskih materijala u FNRJ.

Na izložbi bit će prikazani: prirodni kameni materijali, keramički materijali, staklo i proizvodi stakla u građevinarstvu, vezivi građevinski materijali (kreč, gips, hidraulička veziva), malteri, beton, umjetni proizvodi na bazi vezivnih materijala (prefabrikati od betona, silikatne opeke, elementi na bazi gipsa, azbestcementni proizvodi), termičke i zvučne izolacije, građevinsko drvo, metali u građevinarstvu, boje, lakovi, razređivači, plastične mase i drugi materijali za oblaganje.

Osim toga bit će izloženi projekti i idejna rješenja objekata industrije građevinskih materijala, dani prikazi zaštite građevinskih materijala i konstrukcija, prikaz razvoja i mogućnosti naše industrije građevinskih mašina, instalacija i uređaja za proizvodnju građevinskih materijala, prikaz perspektive proizvodnje građevinskih materijala u našoj zemlji, te prikaz nastave, naučnog i stručnog istraživanja u oblasti proizvodnje, primjene i zaštite građevinskih materijala i konstrukcija.

Za vrijeme trajanja izložbe će se održati Prvo savjetovanje o zaštiti građevinskih materijala i konstrukcija FNRJ, organizirati seminari za izradu i upotrebu nekih građevinskih materijala.

Organizatori izložbe pozivaju sve organizacije, institute, poduzeća i pojedince širom Jugoslavije da do 10. maja ove god. prijave svoje sudjelovanje na adresu: Odbor za organizaciju izložbe građevinskih materijala, Skopje, Ul. Goce Delčeva 17.

PREDAVANJA U DRUŠTVU GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA U ZAGREBU

Zagrebačka podružnica Društva građevinskih inženjera i tehničara pripremila je za mjesec april i maj o. g. ciklus predavanja koja će se održavati svake srijede u 19 sati u prostorijama Društva, Berislavićeva ul. 6, ovim redom:

Ing. Vladimir Šilhard: Žbuke zidova i konstrukcija (ispravnosti i nepravilnosti) — 3. aprila

Ing. Dr. Josip Dreksler: Industrija cementa u Jugoslaviji — 10. aprila

Ing. Vojko Korač: Novi jugoslavenski standard za cement i njegov značaj u građevinarstvu — 17. aprila

Diskusiona večer o perspektivnom planu građevinarstva — 24. aprila

Ing. Veljko Korač: Utjecaj vode kod spravljanja betona i njeno djelovanje na gotov beton — 8 maja

Ing. Kuzma Franulović: Osvrt na granulometriju agregata kod izradbe betona — 15. maja

Ing. Vladimir Šilhard: Zapažanja građevinskog inspektora o nekim pitanjima naše građevinske operative i projekata — 22. maja

Milan Jančiković: Opremljenost mehanizacijom građevinske operative Hrvatske — 29. maja

Sva predavanja bit će popraćena s projekcijama.

O eventualnim izmjenama obavjestiti ćemo članstvo pravovremeno.

Bibliografija

NAŠE GRAĐEVINARSTVO — god. XI. br. 4, april 1957, Beograd: Vladisavljević: Komparativna ekvivalentnost melioracionih betonskih kanala. — Milojević-Janković: Uticaj mutnoće na tečnost hemiske metode merenja količine vode turbulentnih tokova pomoću natrijumbihromata. — Babić: Ekonomičnost dimenzioniranja betonskih i armiranobetonskih stupova opterećenih centričnom silom kod upotrebe različitih marki betona. — Vučković: Drumski most preko reke Bosne kod Doboja, I. deo.

IZGRADNJA — god. XI. br. 1. januar, 1957. Beograd: Pećinar: Treba li prevoditi vode iz sliva Drine u sliv Skadarskog Jezera. — Rajčević: Projekat nasute vodojaže »Bjeloševina«. — Jarić: Građevinarstvo Sovjetskog Saveza. — Furundžić: Povodom održanih stručnih ispita u građevinskoj struci u 1956 godini. — Radovanović: Izgradnja i modernizacija puta Beograd—Zrenjanin. — Gidaković: Normativi ostvareni pri izgradnji HE Zvornik. — Blumenau: O stambenoj izgradnji. — Cekić: O unutrašnjem kretanju materijalnih sredstva u građevinskim preduzećima. — Vučković: Sa održanih licitacija u Kragujevcu. — Cene građevinskog materijala u decembru 1956 godine. — Standardi i propisi. — Vesti. — Prikazi i bibliografija.

CESTE I MOSTOVI — god. V. br. 2, veljača 1957, Zagreb: Vizjak: Suvremene mjere za utvrđivanje stepena zbitosti kod zemljoradnja. — Zagoda: Izbjegavanje griješaka kod građenja bituminoznih zastora. — Bonači: Institut za ceste. — Fučkan: Rekonstrukcija ceste Rijeka—Pula. — Jelinović: Razvoj automobilskog saobraćaja. — Mac-Adam — čovjek čije je ime postalo pojam u cestogradnji. — Pečar: Račun transportnih troškova motornih vozila. — Kodžić: Čišćenje snijega na cestama. — Popović: Izrada pješačkih i biciklističkih staza s emulzijama. — Vijesti.